

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS**

**CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN
AGRICULTURA SOSTENIBLE**



EVALUACIÓN DE MÉTODOS FÍSICOS Y BIOLÓGICOS PARA EL CONTROL DE NEMATODO DEL QUISTE DE LA PAPA (*Globodera rostochiensis* Woll Behrens), CASERÍO LOS LAURELES, PALESTINA DE LOS ALTOS, QUETZALTENANGO”

TRABAJO DE GRADUACIÓN

POR

JUAN EDILZAR RENOJ HERNÁNDEZ

ASESOR PRINCIPAL

ING. AGR. ROBERTO MORALES LIMA

ASESOR ADJUNTO

ING. AGR. FREDY PEREZ MONZON

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

San Marcos, Septiembre de 2018

TITULO

“EVALUACIÓN DE MÉTODOS FÍSICOS Y BIOLÓGICOS PARA EL CONTROL DE NEMATODO DEL QUISTE DE LA PAPA (*Globodera rostochiensis* (Woll) Behrens), CASERÍO LOS LAURELES, PALESTINA DE LOS ALTOS, QUETZALTENANGO”

INDICÉ GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
IV. JUSTIFICACIÓN	5
V. MARCO TEÓRICO	6
5.1. El cultivo de la papa.	6
5.2. Características de los nematodos del quiste de la papa.	8
5.2.1. Morfología.....	8
5.2.2. Anatomía.....	8
5.2.3. Biología y ciclo de vida.	10
5.3. Síntomas y daños causados por los nematodos	13
5.4. Resistencia.....	15
5.4.1. Naturaleza de la resistencia.	16
5.5. Tolerancia	16
5.6. Patogenicidad.	16
5.7. Estudios recientes sobre nemátodos de quiste en Guatemala.....	17
5.8. Aspectos legales para la fitozoosanidad en Guatemala	18
5.9. Primer método físico solarización	19
5.9.1. Solarización del suelo.....	20
5.9.2. Conversión de la radiación solar en calor bajo la cobertura	20
5.9.3. Acción selectiva contra los organismos del suelo.....	21
5.9.4. Modo de acción propuesto.....	22
5.10. Solarización del suelo como un componente del Manejo Integrado de Plagas (MIP)	22
5.11. Primer método biológico biofumigación.	23
5.11.1. Antecedentes.....	23
5.11.2. Fundamentos de la Biofumigación.....	24
5.11.3. Futuro desarrollo de la biofumigación	24
5.12. Segundo método biológico (<i>trichoderma sp</i>).	25
5.12.1. Función en el control de plagas en los cultivos	25

VI. MARCO REFERENCIAL	27
6.1. Localización	27
6.2. Colindancias.	27
6.3. Clima.	27
6.4. Tipos de Suelo.....	27
6.5. Utilidad del suelo.....	27
VII. OBJETIVOS.	28
7.1. General	28
7.2. Específicos.....	28
VIII. HIPÓTESIS	28
IX. METODOLOGÍA.	29
9.1. Localidad y época	29
9.2. Diseño experimental.....	29
9.3. Tratamientos.....	29
9.4. Tamaño de la unidad experimental.....	29
9.5. Modelo estadístico.....	30
9.6. Variables de respuesta.	30
9.7. Análisis de la información.....	30
9.8. Manejo del experimento.....	30
9.9. Instalación del ensayo.....	31
9.10. Resultados y Discusión.....	32
X. CONCLUSIONES	44
XI. RECOMENDACIONES.	45
XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
XIII. ANEXOS	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro. 1. Comportamiento histórico del cultivo de la papa en Guatemala.	7
Cuadro. 2. Descripción del número de tratamiento y repeticiones.....	29
Cuadro. 3. Fechas dosis y agroquímicos usados para el control de plagas y enfermedades foliares de cultivo.....	32
Cuadro. 4. Calculo de media de población inicial quistes.....	33
Cuadro. 5. Prueba de media de la población inicial de huevos.	33
Cuadro. 6. Prueba de media de población inicial Larvas.....	34
Cuadro. 7. Prueba de media de la población final quistes.....	34
Cuadro. 8. Calculo de la media de población final huevos.....	35
Cuadro. 9. Cálculo de media de la Población final larvas.....	35
Cuadro. 10. Tasa de multiplicación de la población inicial y final de quistes.	36
Cuadro. 11. Análisis de la varianza de tasa de multiplicación de la población de quiste. .	37
Cuadro. 12. Tasa de multiplicación de la población inicial y final de huevos.	38
Cuadro. 13. Análisis de la varianza de tasa de multiplicación de la población de huevos.	39
Cuadro. 14. Tasa de multiplicación de la población inicial y final de larvas.	40
Cuadro. 15. Análisis de la varianza de tasa de multiplicación de la población de larvas. .	40
Cuadro. 16. Datos tabulados y cálculo de media general rendimiento kg/Ha.....	41
Cuadro. 17. Análisis de varianza de rendimiento.	42
Cuadro. 18. Comparación de las medias generales de rendimiento en Kg/Ha.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estilete dentro de la boca del nematodo.	10
Figura 2. Nematodo en su segundo estado juvenil.....	11
Figura 3. Ciclo de los nematodos del quiste o (<i>Globodera spp</i>).	12
Figura 4. Sincito o célula de transferencia.	13

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Prueba de medias de Tukey con datos de población inicial y final de quiste.	38
Grafica 2. Prueba de medias de Tukey con datos de población inicial y final de huevos.	39
Grafica 3. Prueba de medias de Tukey con datos de población inicial y final de quiste.	41
Grafica 4. Prueba de medias de Tukey con datos de población inicial y final de quiste.	43
Grafica 5. Localidad de la investigación.....	49
Grafica 6. Tamaño de la unidad experimental.	50
Grafica 7. Graficas población inicial.....	51
Grafica 8. Población final.	53
Grafica 9. Grafica de rendimiento.	54

ACRONIMOS

ANOVA: según las siglas en inglés Analysis Of Variance, o Análisis de Varianza

DBCA: Diseño de Bloques Completamente Al Azar

DDS: Días Después de la Siembra

DIPLAN-MAGA: Dirección de Planeamiento-Ministerio de Agricultura Ganadería Y Alimentación, Guatemala

ICTA: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola

CRIA: Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria.

INFOSTAT: es un software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows. Cubre tanto las necesidades elementales para la obtención de estadísticas descriptivas y gráficos para el análisis exploratorio, como métodos avanzados de modelación estadística y análisis multivariado.

NQP: Nematodo de Quiste de la papa

TMPN: Tasa de Multiplicación de la Población de Nematodo.

UFC: Unidades Formadoras de Colonias.

Pi: Población inicial.

Pf: Población final.

RNGG: Red Nacional de Grupos Gestores

Resistencia de las plantas: La resistencia de las plantas a las enfermedades frecuentemente resulta de la interacción específica de genes de resistencia (R) de las plantas con los correspondientes genes de avirulencia (Avr) de los patógenos

SEVERIDAD: La severidad de la enfermedad se evalúa como el porcentaje de área foliar infectada

VARIEDAD: En botánica y agronomía, la variedad es una población con caracteres que la hacen reconocible a pesar de que hibrida libremente con otras poblaciones de la misma especie. Es un rango taxonómico por debajo de la subespecie y por encima de la forma.

Resumen

El diagnóstico realizado por la (Red Nacional de Grupos Gestores, 2016) en el marco de determinar que problemática afecta la agricultura nacional por el “Programa de Consorcio Regionales de Investigación Agropecuaria CRIA del IICA, identificaron la disminución del rendimiento de manera muy elevada. Los causales de la mengua der rendimiento (ICTA, 2012) por la presencia de poblaciones de Nematodos del quiste de la papa, en regiones cuya elevación esta sobre los tres mil msnm. En dichas zonas de producción se han reportado pérdidas del 80%. Estos resultados han propiciado que el agricultor abandone la producción comercial de papa por no haber encontrado un método de control.

Con el objetivo de poder encontrar una alternativa a esta difícil problemática, se estableció un ensayo para la avaluación de los métodos físicos y biológicos en la estación lluviosa, que comprende de julio a septiembre de 2017, evaluando; 1- Biofumigado + solarizado + (*Trichoderma*), 2- Biofumigado + (*Trichoderma*), 3- Solarizado + (*Trichoderma*), 4- (*Trichoderma*) y 5- Testigo absoluto (manejo agronómico del agricultor). En bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, las variables evaluadas Poblaciones iniciales (Pi) y finales (Pf) de quistes, huevos, larvas y rendimiento del cultivo en Kg/Ha.

Los resultados de la evaluación dentro de los tratamientos no han superado significativamente los índices de reducción de las poblaciones de nematodos; estimamos que las causas de no tener los resultados esperados han sido por el uso de Concento, Mancoceb, Gusafin, Betagro, Bayfolan, Revus, Antracol y Tambo agroquímicos con propiedades fungicida, estas fueron eficientes para el control del tizón tardío (*P infestans*), sin embargo se tiene pleno desconocimientos, si fueron capaces de inhibir el efecto de *Trichoderma sp*, efecto que suponemos afirmativo, al observar que las poblaciones de los propágulos no fueron controladas, debido a que dentro del ensayo no fue usado una variedad tolerante a tizones foliares. Por lo que para seguir con el trabajo de control de los nematodos, es indispensable efectuar el reconocimiento de la sensibilidad de la cepa de *Trichoderma sp* usada en este trabajo, a fin de establecer sensibilidad para excluir por esta forma de descripción de agroquímicos.

I. INTRODUCCIÓN

El Nematodo del Quiste de la Papa (NQP) constituye una de las plagas más importantes del cultivo, su amplia distribución y su condición de plaga clave representa un factor biótico negativo sobre la economía del productor, afecta la calidad cuantitativa del producto final, Se han registrado pérdidas del rendimiento por encima del 80%.

En Guatemala la mayor parte de la producción de papa se localiza en los departamentos de Huehuetenango, San Marcos y Quetzaltenango. La actividad productiva de la papa está en cuarentena, desde su extensión en los años de 1950, había propiciado progresivo crecimiento económico, en la década de 1990, se transformó en producto de exportación no tradicional. Logro cifras CIF de exportación de cerca de 9.5 \$ millones anuales.

En regiones de mayor altitud la enfermedad ha causado la destrucción del cultivo de la papa, por NQP, en éstas zonas de producción, localizadas sobre los tres mil msnm, se ha determinado que existen niveles poblacionales del quiste (un quiste/cc de suelo), que han reducido la producción de papa en más del 85%. Los productores han adoptado el abandono forzoso del cultivo. Las regiones muy dañadas dan muestra de desventaja por las condiciones ambientales, por el comportamiento pluvial, lluvias erráticas, serie de suelo y manejo del cultivo, propicios al complejo de enfermedades.

El crecimiento del mercado de exportación se ha visto escindido, por causa del (NQP). El principal mercado del tubérculo de consumo, El Salvador, extendió sus barreras cuarentenaria a éste producto, lo cual generó, mercados internos con sobre oferta de productos, descenso en la formación del precio, en las regiones dependientes de lluvia y en las que gradualmente el patógeno encamina adaptarse. La incertidumbre del mercado ha entrado por ser la principal fuente de ingreso del productor del altiplano; se extiende a la familia con la cesantía de

fuentes de empleo, alrededor de 50 mil jornales que ha dejado de ofrecer anualmente la actividad.

Se ha recurrido a medidas decisivas los métodos químicos, las cuales no han derivado los resultados deseados, en la actualidad el control de esta dificultosa plaga nos está señalando que debe enfocarse hacia la integración de métodos de control físicos y biológicos. Los biológicos se han implementado en el campo, por los promisorios resultados in vitro.

Por tal razón se realizó la evaluación de métodos físicos y biológicos para verificar si tales métodos, producía el control del nematodo para lo cual se realizó el ensayo en la localidad Caserío los Laureles, el Edén Palestina de los Altos. Los tratamientos implementados: 1 Biofumigado más solarizado más (*Trichoderma*). 2 Biofumigado más (*Trichoderma*) 3 Biofumigado 4. (*Trichoderma*) y 5., en arreglo de bloques al azar con variables en estudio: Poblaciones de quistes, huevos, larvas y rendimiento, con el uso de la variedad "DIA 71" propia de la localidad.

Los resultados obtenidos, han verificado, que los clones susceptibles a tizón tardío requieren de constantes aplicaciones de fungicidas, sustancia muy eficientes, para lo cual usan la translocación por la planta, para efectuar su trabajo fungicida. Se ha sustentado por tres años que, los tratamientos empleados, para el control de NQP, sobre variedades tolerantes a (*Phytophthora infestans*), los resultados mejoran significativamente el rendimiento por medio de la reducción de poblaciones a niveles de acuerdo con el índice tasa de multiplicaciones de poblaciones cercanas a 1, niveles de control y rendimiento no registrados en este ensayo.

II. ANTECEDENTES

El NQP, es la plaga que afecta intensamente al cultivo de la papa, en aquellas áreas del clima frío, húmedo y suelos arcillosos (Smith et al, 1997).

La producción nacional de la papa se encuentra distribuida de la siguiente forma: Huehuetenango (32%), Quetzaltenango (23%), San Marcos (21.7%), Guatemala (5%), Sololá (4%) y los demás departamentos de la República suman el (14%) restante. DIPLAN-MAGA, con datos de (BANGUAT, 2012)

Desde que el principal socio comercial de la producción de papa, el mercado salvadoreño, extendiera cuarentena vegetal a los tubérculos para consumo, se han realizado varios estudios de prospección. El informe de prospección del año 2005, revelo la presencia de quistes distribuidos por los principales municipios productores del altiplano. San Martín Sacatepéquez, Concepción Chiquirichapa, San Juan Ostuncalco y Palestina de los Altos, Quetzaltenango, San Antonio Sacatepéquez, San Marcos, Tejutla, Ixchiguan, de San Marcos, Chantla y Todos Santos Cuchumatanes , de Huehuetenango. Con una media de un quiste por 1000 cc de suelo. (ICTA-SENACYT, 2005)

Se realizó otro muestreo de búsqueda por el departamento de Quetzaltenango. Éste trabajo revelo que las poblaciones de NQP, se habían adaptado a regiones comprendidas por encima de los 3 mil msnm, donde actualmente afectan intensamente la producción de ésta importante solanácea. (ICTA, 2013)

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El rendimiento de la papa puede ser reducido entre 20 y 80 % cuando el nivel poblacional del nematodo en el suelo alcanza 16 y 32 huevos/g de suelo, respectivamente. El cultivo puede ser destruido completamente cuando la población inicial del nematodo es de 64 huevos/g de suelo. (Rivas, 2005, Morales, 2014)

Los usos y costumbres que ha generado esta cultura desde los años cincuenta del siglo pasado, han derivado en una fácil diseminación del NQP, el desuso generalizado de semillas certificadas, el uso de fincas en propiedad rentada. Variedades comerciales altamente susceptibles.

Productores con un completo desconocimiento del problema, ha propiciado que los patógenos se hayan adaptado eficientemente a las altiplanicies ubicadas sobre los tres mil msnm y en altitudes menores de los tres mil msnm, se encuentra en proceso de adaptación climática y edáfica. (ICTA, 2012)

Considerando el beneficio económico que representa el cultivo de la papa para los productores y exportadores de este municipio, se pretende controlar el desarrollo del nematodo dorado *Globodera rostochiensis* (Woll) Behrens, para evitar perder oportunidades de exportar y comercialización local el producto debido a la presencia y desarrollo de esta plaga en el país.

El año 2005, Candanedo y Morales, reporto la presencia de *Globodera rostochiensis* en los departamentos de Quetzaltenango, San Marcos y Huehuetenango. (Cifuentes, 2014). La investigaciones ya realizadas demuestran que el sector agrícola, tanto privado como estatal tienen el reto de la protección del cultivos a través de la generación de métodos físicos, biológicos, que incluyan ingredientes activos, así como variedades que presente resistencia horizontal al complejo patogénicos, a fin de que el productor recupere rendimientos perdidos por la presencia de NQP.

IV. JUSTIFICACIÓN.

La enfermedad más destructiva del cultivo de la papa, los nematodos del quiste, en zonas de producción del altiplano, localizadas sobre los tres mil msnm, se ha determinado que existen niveles poblacionales del quiste que han reducido la producción de papa en más del 80%, por lo que los productores están adoptado el abandono del cultivo.

En Octubre del 2,001, la Secretaría de Industria y Comercio de Honduras y El Salvador prohibió el acceso temporal de papa procedente de Guatemala, debido a la posible presencia del nematodo dorado de la papa, *Globodera rostochiensis* (Woll) Behrens, lo que afecta la economía de los productores, exportadores y del país en general al colocarlo en la lista de países con presencia de (*G. rostochiensis*). (Rivas, 2005)

Las regiones tienen la desventaja que las condiciones ambientales, en el aspecto del comportamiento pluvial, con lluvias erráticas, la serie de suelo y manejo del cultivo son completamente favorables al complejo de enfermedades se ha recurrido como medidas perentorias a métodos químicos, las cuales no provocaron los resultados deseados.

La importancia de esta investigación se fundamenta en que si la integración de métodos biológicos nativos y físicos, puede reducir la tasa de multiplicación de las poblaciones de nematodos del quiste (TMPN), tal aseveración se hará con base al resultado de las evaluaciones pertinentes, que determinan que si la $TMPN > 1$ indicará ausencia de control. Si la $TMPN < 1$ premisa que obrará reducción de poblaciones a niveles que permitan la producción en convivencia con el patógeno.

La investigación tiene una alta relación en cuanto al rendimiento del cultivo que abastece a los mercados nacionales e internacionales, si se continúan perdiendo mercados centroamericanos por barreras no atributivas.

V. MARCO TEÓRICO.

5.1. El cultivo de la papa.

Diversos estudios realizados sitúan como el probable centro de origen y domesticación de este cultivo a la cuenca del lago Titicaca, región Andina localizada entre Bolivia y Perú, donde se ha encontrado la mayor diversidad de especies silvestres y cultivadas de este vegetal (Reyes C, 1981).

El vocablo “papa” es de origen Quechua y significa “tubérculo”. Se cree que fue en El Perú, donde desarrollaron la primera agroindustria americana de este cultivo, con la elaboración de la “papa seca”, con fines de conservación del tubérculo (Reyes C, 1981).

Aunque la papa era consumida en el altiplano sudamericano desde hace aproximadamente 8,000 años, llegó a constituirse paulatinamente en el alimento básico de las culturas Andinas florecientes entre los años 1,200 A.C. y 1,533 D.C. Durante la conquista del continente Americano, los Españoles identificaron esta hortaliza y la introdujeron a su país natal para su domesticación en el viejo continente, entre 1,565 y 1,570 D.C.

El cultivo fue diseminado rápidamente al resto de países europeos y después al mundo entero. Durante la revolución industrial del siglo XIX, se constituyó en un alimento popular abundante y de bajo costo (ICTA, 2013).

Guatemala se considera como un centro secundario de origen. Según registros, la producción nacional comercial de papa data de varias décadas, manifestando un crecimiento progresivo tanto en las áreas de siembra como en las producciones obtenidas (Franco; J, 1986).

Los 4 censos agropecuarios efectuados a la fecha, registran la siguiente tendencia:

Cuadro. 1. Comportamiento histórico del cultivo de la papa en Guatemala.

Año	Superficie de Cosecha (Has.)	Producción (TM)	Rendimiento (Kg/Ha)
1950	3,156	8,354	2,647
1964	3,693	13,208	3,576
1,979	5,042	30,528	6,055
2,003	6,733	102,482	15,220

Fuente: Roldan S. 2005

Los nematodos del quiste, (*G rostochiensis* y *G. Pallida*) son microorganismos que parasitan la raíz, por muchos años han co evolucionado con la papa y se encuentran distribuidos casi toda las zonas de producción paperas (Roldan S. 2005).

Centroamérica estuvo libre de la presencia del nematodo dorado hasta finales del año de 1,967. En el año de 1,980 se realizó un estudio en Guatemala y no se encontró la presencia de dicho nematodo, pero en el año 2,001, la Secretaría de Industria y Comercio de Honduras prohibió el ingreso temporal de papa procedente de Guatemala, por sospecharse que el nematodo dorado de la papa se encontraba presente en este país (Roldan S. 2005).

Debido a las pérdidas económicas que provoca este nematodo en el cultivo de la papa, en algunos países en donde no se reporta esta plaga adoptan medidas de protección cuarentenarias hacia los países afectados por la plaga, y van dirigidas especialmente a productos y sub-productos de plantas hospederas como el tomate, berenjena y papa (Roldan S. 2005).

Los nematodos fito parásitos representan una de las plagas más importantes en la agricultura, su amplia distribución y su condición de microorganismos polípagos, representa un factor negativo sobre la economía agrícola, afectando la calidad de los productos de consumo como la papa (Roldan S. 2005).

A esto, el nematodo dorado de la papa (*Globodera rostochiensis*) (Woll) Behrens, es la especie considerada como una de las más importantes por sus características patogénicas y pandemia, estando ampliamente distribuida en el mundo (Roldan S. 2005).

5.2. Características de los nematodos del quiste de la papa.

5.2.1. Morfología.

Los nematodos son gusanos filiformes del grupo de los nematelmintos, con el cuerpo sin segmentar, revestidos de una piel dura (cutícula) y con simetría bilateral. Son organismos microscópicos de 300 a 1000 μm , siendo algunos mayores a 4 μm de longitud por 15 a 35 μm , de ancho (Agris, GN. 1998).

Su diámetro pequeño hace que no sean observables a simple vista, pero se pueden ver con facilidad en el microscopio. Tienen, en general, forma de anguila y en corte transversal se ven redondos, presentan cuerpos lisos no segmentados y carecen de patas u otros apéndices, sin embargo, las hembras de algunas especies se hinchan en la madurez y adquieren la forma de una pera o de cuerpos esferoides (Agris, GN. 1998).

5.2.2. Anatomía.

El cuerpo de un nematodo es más o menos transparente, está cubierto por una cutícula incolora que a menudo presenta estrías u otros detalles, esta cutícula presenta la muda cuando los nematodos pasan a través de sus etapas larvianas sucesivas, dicha cutícula se produce por la hipodermis, la cual consta de células vivas y se extiende en la cavidad del cuerpo a manera de cuatro cordones que separan cuatro bandas de músculos longitudinales (Agris, GN. 1998).

Estos músculos permiten que el nematodo pueda moverse; en la boca y a lo largo del tracto digestivo y de las estructuras reproductoras hay otros músculos especializados (Roldan S. 2005).

La cavidad del cuerpo contiene un líquido a través del cual se efectúa la circulación y la respiración del nematodo, el sistema digestivo es un tubo hueco que se extiende desde la boca, pasando por el esófago hasta el intestino, el recto y el ano, por lo regular existen seis labios que rodean a la boca (Roldan S. 2005).

Todos los nematodos poseen un estilete hueco o lanza que utilizan para perforar las células vegetales, tienen un sistema reproductor bien desarrollado. Las hembras poseen uno o dos ovarios seguidos por un oviducto y un útero que termina en una vulva. La estructura reproductora del macho es semejante a la de la hembra pero hay un testículo, una vesícula seminal y termina en un orificio común en el intestino. En el macho hay un par de espículas para copular sobresalientes (Roldan S. 2005).

Los nematodos del quiste de la papa pertenecen a la clase Nematoda, recientemente fueron asignados al género (*Globodera*) debido a la forma redonda, globular, de sus quistes (antes pertenecían al género (*Heterodera*) cuyos quistes tienen la forma característica de limón); once son las especies de *Globodera* que afectan a plantas de diversas familias (Roldan S. 2005).

A la papa la atacan dos especies: (*Globodera rostochiensis* y *G. pallida*). Ambas especies se conocen comúnmente con el nombre de “nematodo dorado de la papa”, anguílulas de las raíces de la papa, o nematodos del quiste de la papa (Franco, J. 1986. citado por ICTA. 2013)

La diferencia más obvia entre ambas especies es el color de las hembras inmaduras, la (*G. rostochiensis*) son amarillas o doradas y de allí su nombre de nematodo dorado. Las de (*G. pallida*) son de color blanco o crema. Ambas forman quistes de color marrón (Franco, J. 1986. citado por ICTA. 2013).

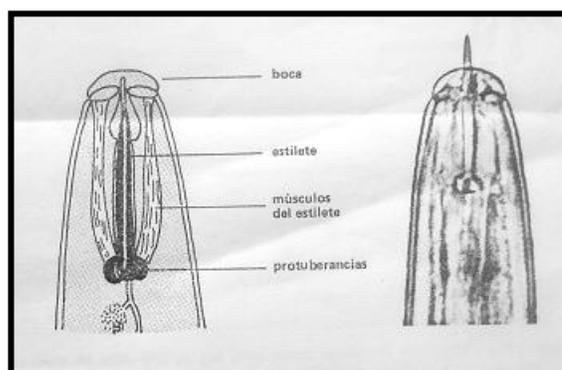
5.2.3. Biología y ciclo de vida.

El ciclo de vida de la mayoría de los nematodos fito parásitos, por lo general es bastante semejante, los huevecillos se incuban y se desarrollan en larvas, cuya apariencia y estructura es comúnmente similar a la de los adultos. Las larvas aumentan de tamaño y cada etapa larvaria concluye mediante una muda (12).

El segundo estado juvenil es característico para la morfología de los nematodos. En este estado es semejante a un gusano redondo y alargado. El canal digestivo consta de boca, esófago, intestino, recto y ano (Franco, J. 1986.).

Es característico un estilete dentro de la boca, el cual consiste en una estructura fuerte, tubular y móvil que sirve para perforar la pared celular y absorber el alimento. Por este estilete el alimento pasa al tubo esofágico que contiene el bulbo medio (Franco, J. 1986.citado por ICTA. 2013.)

Figura 1. Estilete dentro de la boca del nematodo.



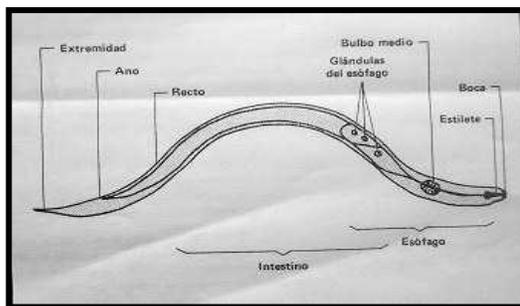
Con ayuda de músculos y una válvula, el bulbo medio funciona como una estación de bombeo que impulsa el alimento hacia el intestino. Después del bulbo medio hay 3 glándulas del esófago que forman un bulbo terminal (Franco, J. 1986. citado por ICTA. 2013).

El intestino es un órgano de almacenamiento, normalmente lleno de glóbulos de una sustancia grasosa. El intestino se estrecha para formar el recto y termina en el ano como se muestra en la figura 2.

Los machos conservan su forma de gusano redondo y alargado. Cuando han madurado miden aproximadamente 1 mm de longitud, (Franco, J. 1986. citado por ICTA. 2013).

El cuerpo de la hembra, al madurar, se ensancha y después de su muerte se convierte en un quiste duro, de la consistencia del cuerpo. (Franco. 1993, citado por ICTA. 2013)

Figura 2. Nematodo en su segundo estado juvenil.



Los quistes tienen forma esférica o globular, miden entre 0.5 y 1 mm de diámetro, presentan una pequeña prominencia que corresponde a lo que era la cabeza, la cual estaba adherida a las raíces (Franco, J. 1986. citado por ICTA. 2013).

La ausencia de hospedantes apropiados ocasiona la muerte de todos los individuos de ciertas especies de nematodos al cabo de unos cuantos meses, pero en otras especies las etapas larvarias pueden desecarse y permanecer en reposo en el suelo durante años (Roldan S. 2005).

A diferencia de los insectos, las "larvas" de los nemátodos pasan por sus diferentes etapas de desarrollo sin presentar cambios en su aspecto exterior. A estas fases se les llama *estados juveniles* (Franco, J. 1986. citado por ICTA. 2013).

El ciclo de vida empieza cuando los nematodos están en su segundo estado juvenil y emergen de los huevos por el estímulo de una sustancia que exudan las

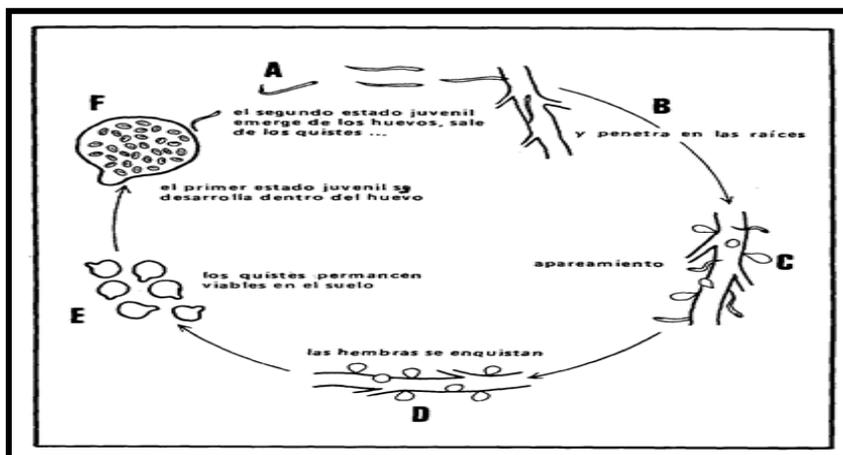
raíces en crecimiento. Algunos huevos permanecen en el quiste y emergen en la siguiente temporada (Franco, J. 1986. Citado por Escobar, 2014).

Atraídos por los exudados, los nematodos en el segundo estado juvenil punzan las raíces, penetran en ellas y allí viven y se alimentan durante dos mudas o cambios adicionales (Franco, J. 1986. Citado por Escobar, 2014.).

En el tercer estado juvenil, se define el sexo, en función de la cantidad de alimento disponible. Si hay poco alimento predominan los machos, si hay abundante alimento, la población está predominantemente determinada por hembras; Las hembras se vuelven sedentarias y se adhieren a la raíz, dentro del tejido de la corteza. Su cuerpo se ensancha, rompe las células de la raíz, y llega a ser visible fuera de esta, aunque la cabeza y el cuello permanecen dentro del tejido (Franco, J. 1986. citado por ICTA, 2013).

Los machos conservan su forma alargada como de gusano y abandonan la raíz, localizan a las hembras y se aparean con ellas (Franco, J. 1986. Citado por ICTA, 2013).

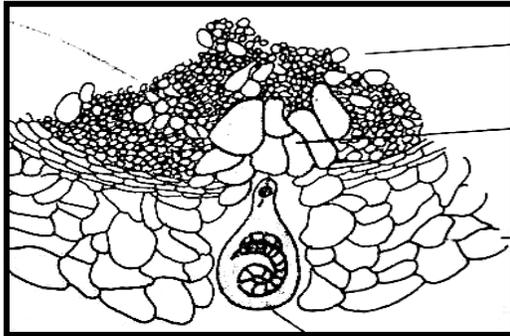
Figura 3. Ciclo de los nematodos del quiste o (*Globodera* spp).



Cuando las hembras mueren, la cutícula de su cuerpo esférico cambia químicamente y el color que antes era blanco o amarillo, se torna marrón y duro (Franco, J. 1986. Citado por Escobar, 2014.)

A esto es a lo que se le llama quiste, el cual contiene en su interior desde unos pocos, hasta 600 huevos. Cada huevo está protegido, además por su propia cáscara y alcanza a permanecer viable por 20 años o más. Los huevos se pueden activar cuando quiera que se siembre papa y se produzca el estímulo del exudado de la raíz y este seguro el alimento (Franco, J. 1986.citado por ICTA. 2013).

Figura 4. Sincito o célula de transferencia.



La saliva que excretan las glándulas del esófago hace que las células radiculares ubicadas cerca de la cabeza de la hembra se agranden y se unan formando *Sincitos o células de transferencia* que le suministran a la hembra alimento permanente. Los sincitos son necesarios para el desarrollo de los nematodos. Por otro lado, el desarrollo y sustento de los sincitos compite con el crecimiento de la planta (Franco, J. 1986. citado por ICTA. 2013).

5.3. Síntomas y daños causados por los nematodos

Síntomas aéreos

Los nematodos del quiste de la papa no ocasionan inmediatamente síntomas aéreos, y pueden permanecer por años en el suelo sin que se detecte su presencia. (Roldan S. 2005)

El primer síntoma es un crecimiento retardado de la planta, en uno o más puntos del campo, los cuales se agrandan cada vez que se siembre papa en este campo, los daños causados en las raíces hacen que la planta enferma muestre síntomas

similares a los provocados por deficiencia de agua o de elementos minerales (Roldan S. 2005).

El follaje se vuelve amarillento, hay achaparramiento de la planta, pero estos síntomas no pueden servir para el diagnóstico. Un examen cuidadoso de las raíces puede revelar la presencia de cuerpos pequeños y esféricos que miden 0.5 a 1 mm de diámetro y tiene color blanco, amarillo o marrón. El color depende de la especie de nematodo y del grado de madurez de las hembras que forman los quistes. Estos se desprenden fácilmente de las raíces (Roldan S. 2005).

Síntomas en las raíces

La mayoría de los daños causados por los nematodos parecen ser ocasionados por una secreción de saliva que el inyecta a la planta al alimentarse, la rapidez de la alimentación es apreciable en algunas especies, en algunas otras la alimentación es más lenta y pueden permanecer por horas o días en la misma posición; estas especies así como las hembras que se establecen dentro o sobre las raíces, son las que causan mayores daños (Roldan S. 2005).

El desarrollo y el sustento que proporcionan los sincitos a las hembras de nematodo, compiten con el crecimiento de la planta, además; los nematodos causan estrés hídrico y disturban el metabolismo de los nutrimentos (Franco, J. 1986, citado por ICTA. 2013.)

La relación entre la planta de papa y los nematodos del quiste está gobernada por:

La resistencia que posea la variedad de papa,

La tolerancia que posea la variedad de papa,

La patogenicidad del nematodo.

Esta relación puede ser afectada por factores ambientales tales como la fertilidad del suelo y otras condiciones de crecimiento (Franco, J. 1986 citado por ICTA. 2013).

5.4. Resistencia.

Es la capacidad de las plantas para restringir el crecimiento o reproducción del patógeno, una vez iniciado el contacto nutritivo; existen mecanismos de invasión por parte del parásito y de defensa por parte del huésped (Franco, J. 1986).

Según su grado de resistencia una planta de papa puede contribuir a la multiplicación de los nematodos o a su disminución. La resistencia está determinada por la relación entre la densidad de población de los nematodos antes de la siembra, y su densidad de población al final de la temporada de cultivo. Esta relación permite calcular la tasa de multiplicación de la población de nematodos (TMPN) expresándose de la siguiente forma:

$$\text{TMPN} = \frac{\text{Densidad de población final}}{\text{Densidad de población inicial}}$$

Donde generalmente $\text{TMPN} > 1$ indica ausencia de control

$\text{TMPN} < 1$ indica Control

La resistencia conduce a una reducción de la población de nematodos. La resistencia para casos específicos depende de la situación local y de los materiales mejorados existentes (Franco, J. 1986, citado por ICTA. 2013).

Existen 2 tipos de resistencia:

Las raíces no exudan la sustancia que estimula la emergencia del segundo estado juvenil.

Los sincitos no se forman o no funcionan como fuentes de alimento para la hembra del nematodo.

En el segundo caso se presenta una gran ventaja: el segundo estado juvenil emerge ante el estímulo del exudado, pero no llega a completar su ciclo de vida, reduciéndose así la población de nematodos (Scurrah, M. 1981).

La utilización de variedades resistentes es menos costosa para el agricultor que otras medidas de control, no perjudica al ambiente, ayuda a reducir el peligro de

diseminación de los nematodos y a mantener la infestación dentro de niveles tolerables (Scurrah, M. 1981).

5.4.1. Naturaleza de la resistencia.

Bajo el estímulo de un exudado de la raíz, el Segundo estado juvenil de los nematodos del quiste de la papa eclosiona y emerge de los quistes. Durante el desarrollo siguiente, las hembras se vuelven sedentarias en las raíces. Las células radiculares que rodean a la cabeza de cada hembra se agrandan, y forman los sincitos o células de transferencia. Los sincitos son vitales para el desarrollo de las hembras porque le suministran alimento y también son un factor clave de los mecanismos de resistencia varietal (Scurrah, M. 1981).

5.5. Tolerancia

Es la capacidad de las plantas, -en esta ocasión de papa- para producir, no obstante, encontrarse en un suelo infestado – en este caso con nematodos del quiste; es independiente de la resistencia. Las variedades de plantas tolerantes, tienen la capacidad de recuperarse del daño ocasionado por nematodos, pero no ayuda a disminuir la población de los mismos (Franco, J. 1986, citado por ICTA. 2013).

5.6. Patogenicidad.

En ambas especies de (*Globodera*) se presentan varios pato tipos (razas fisiológicas) que se identifican por su habilidad para multiplicarse en plantas de papa llamadas plantas diferenciales. Estas plantas tienen diferentes genes para resistencia. Así una planta diferencial puede llegar a estar infestada mayormente con ciertos tipos de (*Globodera*) pero no con otros. Aunque los patógenos de cada especie de (*Globodera*) se aparean libremente, el apareamiento entre especies está restringido (Franco, J. 1986, citado por ICTA. 2013).

5.7. Estudios recientes sobre nemátodos de quiste en Guatemala

En el año de 1,979 García M. realizó un estudio analítico y taxonómico de los nematodos de quiste en Guatemala, para este estudio se muestrearon los departamentos de Quetzaltenango, Sololá, Chimaltenango y Totonicapán. El estudio fue apoyado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) y los muestreos fueron realizados en las áreas de ingerencia del mismo. Los resultados de García demuestran la presencia del género (*Heterodera*) y (*Globodera*), este último con una incidencia de 88.29 % del total de muestras, sin embargo se negó la presencia del nematodo dorado en este estudio (García 1980).

En el año 2,002 Salguero de León realizó un estudio de determinación de nematodos de quiste en el municipio de Patzicía, Chimaltenango. Las aldeas tomadas en cuenta para este estudio fueron la aldea El Sitán, la aldea El Llano, la aldea el Camán, El Valle de Patzicía, la aldea El Xuluc y la aldea El Pahuit. Los géneros encontrados son (*Punctodera*) con una incidencia del 31.5 % del total de sitios muestrados, (*Heterodera*) con una incidencia del 28.6 %, (*Globodera*) con una incidencia del 4 % y *Afenestrata* con una incidencia del 3 %. Descartándose en este estudio la presencia del nematodo dorado de la papa (Salguero 2003).

Ramírez Rosas en octubre de 2004 realizó un estudio de determinación de la presencia de nematodos de la sub-familia (*Heteroderinae*) en el cultivo de papa en la zona productora del municipio de San José Pinula, Guatemala reportando que los géneros de nemátodos encontrados en el área muestreada fueron (*Heterodera*) con 9%, (*Punctodera*) con 6.3% y (*Cactodera*) con 1.8% (Ramírez 2004). Orellana Leal en abril de 2005 realizó un estudio de determinación de la presencia de nemátodos de las sub-familia (*Heteroderinae*) asociados al cultivo de papa en Salamá, Baja Verapaz, Guatemala, reportando que los géneros presentes en las áreas de cultivo de papa fueron (*Punctodera*) con 35%, (*Heterodera*) con 31% y (*Cactodera*) con 27% (Orellana 2005).

Roldán Salazar en julio de 2005 realizó un estudio de los nemátodos de quistes en papa para descartar la presencia del nematodo dorado de la papa en el municipio de Jalapa, Jalapa; reportando que los géneros presentes en las áreas de cultivo de papa fueron (*Cactodera*) con 28%, (*Globodera*) con 6% y (*Punctodera*) con 1% (Roldán 2005).

Rivas Leal en octubre de 2005 realizó un estudio de determinación de la presencia de nemátodos formadores de quiste asociados al cultivo de papa en los municipios de Patzún y Zaragoza en el departamento de Chimaltenango. Los géneros encontrados en los sitios muestreados fueron (*Punctodera*) con 55.23%, (*Heterodera*) con 25.69% y (*Cactodera*) con 19.07% (Rivas 2005).

Colo Muchuch en noviembre de 2005 realizó un estudio de determinación de la presencia de nemátodos de quiste asociados al cultivo de la papa en los municipios de Tecpán, Santa Apolonia y San José Poaquil en el departamento de Chimaltenango reportando que el porcentaje de incidencia más alto por género determinado por total de sitios con presencia de quistes fue para el género (*Punctodera*) con 88.57%, (*Cactodera*) con 10% y (*Heterodera*) con 1%, éstos porcentajes son sólo del área muestreada de Tecpán ya que en San José Poaquil y Santa Apolonia no se reportó ningún porcentaje de ninguno de los tres anteriores nemátodos (Coló 2005).

5.8. Aspectos legales para la fitozoosanidad en Guatemala

En Guatemala a través de la Unidad de Normas y Regulaciones del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), se vela por el buen manejo de los recursos y producción agrícola y pecuaria en el aspecto fitozoosanitario; para ello se creó la Ley de Sanidad Vegetal y Animal, Decreto No. 36-98 del Congreso de la República y de su Reglamento, Acuerdo Gubernativo No. 745-99 (MAGA-UNR 2000).

La Ley presenta innovaciones de carácter técnico y administrativo, tal es el caso del Análisis de Evaluación de Riesgos de Plagas y Enfermedades, Delegación de Servicios en Sanidad y Vegetal y Regencia Profesional. El Reglamento presenta y refleja la integración funcional de aspectos vinculados entre sí, como lo son la vigilancia Epidemiológica Fitozoosanitaria, Cuarentena Vegetal y Animal y el Registro y Control de Insumo agrícola y en animales, entre otros (MAGA-UNR 2000).

En ambos documentos se dan a conocer artículos relacionados con la imposición de cuarentenas, esto como resultado de estudios profundos de monitoreo, incidencia, diagnóstico y evaluaciones a nivel de laboratorio de patogenicidad que arrojen evidencias científicas confiables de la presencia de plagas exóticas que perjudicarían a las zonas agrícolas y pecuarias del país (artículos 3, 6, 10, 17 y 53 del reglamento) (García 1980). Las medidas de protección fitosanitaria comprenden acciones técnicas, administrativas y legales que se ejecutan con la finalidad de erradicar, evitar la introducción, establecimiento, diseminación y dispersión de plagas o enfermedades de los vegetales (MAGA-UNR 2000).

La información técnica es indispensable para establecer y mantener actualizado el inventario de plagas y enfermedades, su incidencia, prevalencia, dinámica poblacional y distribución geográfica; así como los indicadores y parámetros que fundamenten las medidas técnicas para la prevención y control de daños en la producción agropecuaria del país; y evitar el establecimiento y dispersión de plagas y enfermedades, por medio de la implementación de puestos de cuarentena interna, inspección, muestreo y diagnóstico en campo y laboratorio (MAGA-UNR 2000).

5.9. Primer método físico solarización

La solarización del suelo también incluye cambios en los compuestos volátiles del suelo (Stapleton, V. 1986).

Diferentes tipos de materia orgánica tales como el abono animal y los residuos de los cultivos podrían ser combinados con la solarización del suelo para hacer la biofumigación de modo de incrementar la temperatura del suelo por medio del calor generado por la descomposición de esos materiales y de incrementar la capacidad del suelo de mantener calor (Stapleton, V. 1986).

Durante el proceso de solarización, cuando se calienta la materia orgánica se liberan compuestos volátiles biotóxicos (Stapleton, 1997). Los correctores orgánicos, especialmente los residuos vegetales y los abonos animales aumentan la actividad biocida de la biofumigación por medio de la producción de compuestos volátiles que emanan de la descomposición de los materiales orgánicos (Gamliel y Stapleton, 1993, 1997). Muchos compuestos volátiles biotóxicos se producen durante la descomposición de residuos de repollos, específicamente durante las tres primeras semanas de la solarización del suelo (Stapleton, V. 1986)

5.9.1. Solarización del suelo

La solarización del suelo es un proceso hidrotérmico que tiene lugar en el suelo húmedo el que es cubierto por una película plástica y expuesto a la luz solar durante los meses más cálidos. El proceso del calentamiento solar del suelo es conocido como solarización del suelo y abarca un complejo de cambios físicos, químicos y biológicos del mismo asociados con el calentamiento solar y tiene valor como una alternativa al uso de ciertos productos químicos para la agricultura que serán radiados del uso agrícola.

La solarización del suelo es un proceso de cobertura que tuvo sus orígenes en las épocas tempranas de la agricultura cuando esta práctica fue usada para cubrir el suelo y las plantas con materiales orgánicos e inorgánicos para formar una barrera protectora contra las heladas. El suelo así calentado fue usado para aumentar el crecimiento de las plantas y la cobertura también fue utilizada para limitar la evaporación de agua del suelo, para controlar malezas, para mejorar la estructura del suelo y para combatir la erosión (Stapleton, V. 1986).

5.9.2. Conversión de la radiación solar en calor bajo la cobertura

Durante la solarización del suelo, la radiación solar recibida penetra a través de la película plástica y es absorbida por el suelo. La mayor parte de la radiación absorbida es convertida en calor. Dado que todos los objetos por encima del cero absoluto emiten calor, tanto la cantidad como la calidad de la energía radiante emitida por el suelo dependen de la temperatura del mismo. De acuerdo a la ley de Stephan, la cantidad de radiación emitida es función de la cuarta potencia de la temperatura absoluta: $Q = e dT^4$, donde:

Q = cantidad de energía radiada en calorías

d = constante de Stefan-Boltzman ($8,132 \times 10^{-11}$ cal/cm²/min.gr K⁴)

T = temperatura absoluta en grados Kelvin

La longitud de onda de la radiación emitida por cualquier objeto también está influenciada por la temperatura. De acuerdo a la ley de Wein, la longitud de onda de la radiación emitida es inversamente proporcional a la temperatura del objeto ($\lambda \propto 1/T$). Por lo tanto, la radiación solar es emitida a longitudes de onda más cortas comparadas con las emitidas por la tierra (99 por ciento de la radiación solar está comprendida entre 150-4 000 nm, mientras que la radiación terrestre es emitida a cerca de 10 000 nm, 99 por ciento de la radiación del suelo es emitida entre 400 - 100 000 nm (IR larga) (Salisbury y Ross, 1980). Por lo tanto, la radiación solar puede fácilmente penetrar la cobertura de plástico pero la radiación emitida por el suelo (normalmente a una longitud de onda más larga) no puede pasar a través de esa cobertura. Consecuentemente, la mayor parte de esa radiación será retenida debajo de la cobertura plástica. Durante este proceso la temperatura del suelo podría elevarse a niveles letales para muchos de los organismos del suelo, incluyendo patógenos de las plantas y malezas (Stapleton, V. 1986).

5.9.3. Acción selectiva contra los organismos del suelo.

La eficiencia de la solarización del suelo para controlar las plagas del suelo es función de las relaciones entre el tiempo y la temperatura y se basa en el hecho que muchos patógenos de las plantas, las malezas y otras plagas, son mesófilos. En el caso de estos organismos mesófilos, es crítico un umbral de temperatura de 37 °C; la acumulación de los efectos del calor a esta o a temperaturas más altas

durante un cierto tiempo, es letal. Al aumentar la temperatura se requiere menos tiempo para alcanzar una combinación letal de tiempo y temperatura. Por ejemplo, a 37 °C, la temperatura letal de exposición (LD90 para muchos hongos mesófilos) puede requerir de dos a cuatro semanas, mientras que a 47 °C entre unas y seis horas de exposición resultarán en un LD (Stapleton, V. 1986).

5.9.4. Modo de acción propuesto

Los organismos del suelo son destruidos directa o indirectamente por las temperaturas a las que se llega durante el calentamiento solar del suelo húmedo bajo películas de polietileno que limitan el escape de gases y vapor de agua del suelo.

La sensibilidad de algunos organismos a las altas temperaturas está relacionada con pequeñas diferencias en macromoléculas que llevan a un incremento de los enlaces intramoleculares con pequeños cambios en los enlaces-H, los enlaces iónicos y los enlaces de disulfitos (Stapleton, V. 1986).

La sensibilidad de los organismos al calor está relacionada con un límite superior de la fluidez de las membranas, más allá del cual su función se reduce (Sundarum, 1986). Se encontró que la curva termal letal para los hongos patógenos es de tipo logarítmico (Pullman et al., 1981). Los organismos termotolerantes y termofílicos del suelo por lo general sobreviven al proceso de solarización del suelo (Stapleton, V. 1986).

El calor generado en el suelo por la radiación solar y la consecuente muerte de las plagas abarcan los principios fundamentales de la solarización del suelo. Sin embargo, el incremento de nutrientes de las plantas y el aumento relativo de las poblaciones bacterianas en la rizosfera tales como *Bacillus* spp. (Stapleton y De Vay, 1984) que contribuyen al marcado aumento en el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento de las plantas en suelos solarizados, son componentes importantes de la solarización del suelo (Stapleton, V. 1986).

5.10. Solarización del suelo como un componente del Manejo Integrado de Plagas (MIP)

Además del efecto letal de la energía radiante sobre las semillas de malezas y otras plagas en el suelo, la solarización del suelo es un método ecológicamente respetuoso de manejo de las malezas y puede ser considerado como un reemplazante de los fumigantes del suelo como el bromuro de metilo (MeBr) que es tóxico, costoso y causante de contaminación ambiental (Stapleton, V. 1986).

Con la tendencia existente para prohibir el uso del MeBr como un fumigante presiembra, se pondrá mayor énfasis en los programas del sistema de manejo integrado de plagas (MIP) para el manejo de patógenos, nematodos y malezas lo cual favorecerá oportunidades adicionales para utilizar la solarización del suelo. Los factores que determinan la utilización de la solarización del suelo en el MIP incluyen su compatibilidad con las prácticas estandarizadas de producción y otras tácticas de manejo de las plagas, su eficiencia contra plagas seleccionadas, la eficiencia económica y las acciones sinérgicas con otras tácticas de manejo de plagas (Stapleton, V. 1986).

5.11. Primer método biológico biofumigación.

La biofumigación se define como un proceso mediante el cual las sustancias volátiles liberadas durante la descomposición de enmiendas orgánicas o directamente por los microorganismos del suelo o las raíces de las plantas, tienen capacidad para controlar organismos patógenos, artrópodos y plantas adventicias. Esta técnica “no contaminante” está resultando una alternativa eficaz a la desinfección convencional de suelos por métodos químicos, con excelentes resultados en el control de patógenos vegetales de origen edáfico (Martínez, B. Reyes, Y. Infante, D. Gonzales, E. Cruz, A. 2008).

5.11.1. Antecedentes

La descomposición de la materia orgánica produce la liberación de compuestos orgánicos volátiles y gases tóxicos, como el amoníaco, que tienen efecto biofumigante.

En el caso de Jumilla y durante el verano las altas temperaturas permiten la combinación de la biofumigación con solarización (biosolarización), que actúa como una pasteurización del suelo, ya que la temperatura aumenta por encima de

50 °C bajo el plástico durante las horas de mayor insolación. Ambos fenómenos consiguen eliminar de manera selectiva los patógenos del suelo o reducir su capacidad parasitaria, propiciando además un incremento posterior de los organismos saprófagos que intervienen en la descomposición de la materia orgánica. (Martínez, B. Reyes, Y. Infante, D. Gonzales, E. Cruz, A. 2008).

5.11.2. Fundamentos de la Biofumigación.

La adición de materia orgánica al suelo para mejorar la fertilidad y controlar las plagas y enfermedades es casi tan antigua como la agricultura.

Se ha ensayado una gran variedad de materiales que como enmienda al suelo pueden servir para controlar nematodos, hongos fitoparásitos y malas hierbas (MBTOC, 1997).

Estas incluyen estiércol de ganado, residuos de industrias papelera y forestal, residuos de industrias pesqueras y de mariscos, así como numerosos subproductos agroindustriales (Martínez, B. Reyes, Y. Infante, D. Gonzales, E. Cruz, A. 2008).

5.11.3. Futuro desarrollo de la biofumigación

Es fundamental el disponer de una metodología para la optimización y caracterización de los residuos agroindustriales que se emplean en biofumigación, con el fin de normalizar su producción, al mismo tiempo que ofrecer al mercado un producto con garantía sobre su composición, calidad fitosanitaria y agronómica. Ha que tener en cuenta que el uso de los residuos agroindustriales debe realizarse bajo control al objeto de evitar los posibles riesgos de introducción de organismos patógenos para los cultivos y prever posibles daños para la salud humana y el medio ambiente.

Es deseable que la manipulación de los productos utilizados en biofumigación sea mínima, mediante procesos sencillos de bajo coste, que permitan precios altamente competitivos en el mercado. Los productos finales deben dar lugar a una fuente extra de ingresos al sector agrario, con una reducción de gastos, mejora de la rentabilidad y calidad de la producción.

El éxito de las técnicas de biofumigación está en saber integrar esta alternativa de control de los patógenos del suelo en un modelo de producción integrada, siendo una buena alternativa al uso de pesticidas con alto impacto ambiental como el bromuro de metilo, biocida de aplicación al suelo cuyo uso será prohibido debido a su efecto destructor de la capa de ozono estratosférico. (Villegas, M. 2005)

5.12. Segundo método biológico (*trichoderma sp*).

El género (*Trichoderma*) fue descrito por Persoon en 1794. Posteriormente, Rifai hizo el primer agrupamiento en especies agregadas que se utiliza hasta el presente, a pesar de las dificultades que se presentan para la identificación de especies por este método, debido a la cercanía morfológica y la evolución de las mismas. Son hongos saprofitos del suelo y la madera, de crecimiento muy rápido. La acción de (*Trichoderma*) como micoparásito natural se demostró por Weindling en 1932, y su utilización en experimentos de control biológico se implementó a partir de 1970, cuando se incrementaron los estudios de campo para su uso en cultivos de hortalizas y ornamentales (Villegas, M. 2005)

5.12.1. Función en el control de plagas en los cultivos

Trichoderma ejerce su acción como antagonista y colonizador de las raíces, como son:

- Aceleración del desarrollo del sistema radicular que posibilita la tolerancia al estrés por parte de la planta.
- Solubilización y absorción de nutrientes inorgánicos.
- Estimulación del crecimiento vegetal.
- Inducción de resistencia.

Estos actúan indirectamente sobre los patógenos, ya que su acción es elicitar o impulsar mecanismos de defensa fisiológicos y bioquímicos en la planta. El estudio de estos modos de acción en condiciones de campo es complejo, pues (*Trichoderma*) es un hongo cuyo hábitat es el suelo y la mayoría de estos procesos se efectúan en la rizosfera. (Martínez, B. Reyes, Y. Infante, D. Gonzales, E. Cruz, A. 200)

Competencia

Un factor esencial para que exista competencia es la escasez o limitación de un requerimiento (espacio y/o nutrientes), por lo que competencia puede definirse como el comportamiento desigual de dos o más organismos ante un mismo requerimiento, siempre y cuando la utilización del mismo por uno de ellos, reduzca la cantidad necesaria para los demás.

La presencia de (*Trichoderma*) en suelos agrícolas y naturales en todo el mundo es una evidencia, de que es un excelente competidor por espacio y recursos nutricionales (Martínez, B. Reyes, Y. Infante, D. Gonzales, E. Cruz, A. 2008)

De forma general, entre las cualidades que favorecen la competencia de esta contraria se encuentra, la alta velocidad de crecimiento que posee gran parte de sus aislamientos y la secreción de metabolitos de diferente naturaleza, que frenan o eliminan a los competidores en el microambiente.

La competencia evaluada bajo condiciones *in vitro* (cultivo dual), se ejerce principalmente por espacio y en ella intervienen la velocidad de crecimiento de las cepas del antagonista y factores externos como tipo de sustrato, pH y temperatura, entre otros. En cultivo dual se manifestó competencia por el espacio en un grupo de aislamientos de (*Trichoderma*) frente a (*Rhizoctonia solani*) Kühn, potenciado por la alta velocidad de crecimiento y reconocimiento del patógeno por los mismos (Martínez, B. Reyes, Y. Infante, D. Gonzales, E. Cruz, A. 2008).

VI. MARCO REFERENCIAL

6.1. Localización

Está a una distancia de 34 kilómetros de la cabecera departamental y 234 kilómetros de ciudad capital.

6.2. Colindancias.

Al norte con Sibilia y San Carlos Sija; al oriente con Cajolá y San Juan Ostuncalco; y al sur con San Juan Ostuncalco.

6.3. Clima.

De Predomina el clima frío durante todo el año; la temperatura anual promedio es de 14 o C. y la mensual máxima de 22.4o C. (abril) y la mensual mínima de 6.8o C. (enero); sin embargo, en el período de diciembre a febrero se han registrado Temperaturas hasta de -6.7o centígrados.

Una altitud promedio en la marca de base situada en el parque central es de 2,956 metros sobre el nivel del mar. (www.garmin.com)

6.4. Tipos de Suelo

Según Simnoms CC. Tarano y Pinto J.H. pertenecen a las tierras altas volcánicas de textura franco arcillosas, la topografía de los suelos es ondulada y escarpada. (SEGEPLAN/DPT.2010)

6.5. Utilidad del suelo.

El uso del suelo actual es predominante la actividad agrícola, las cosechas de mayor frecuencia para fines de autoconsumo y comercialización son, maíz frijol, haba, papa. (USAC, FCE. 2009)

VII. OBJETIVOS.

7.1. General

Evaluar la integración de métodos físicos y biológicos para controlar la tasa de multiplicación del nematodo (*Globodera rostochiensis*) Woll Behrens, en los suelos infectados en Caserío Los Laureles, Palestina de los Altos, Quetzaltenango.

7.2. Específicos.

Medir el rendimiento al exponer poblaciones de suelos infectados con propágulos del quiste de la papa a la solarización, biofumigado é inoculación con (*Trichoderma* sp.) 9.0×10^6 UFC/cc.

Determinar la tasa de incremento poblacional de nematodos del quiste, por el uso integrado de la solarización, biofumigación e inoculación con esporas de (*Trichoderma* sp.) 9.0×10^6 UFC/cc

VIII. HIPÓTESIS

H1. Al menos una combinación de los métodos reducirá la tasa de multiplicación del nematodo menor a uno, lo cual indicará el control.

H⁰ . Ninguna combinación de los métodos reducirá la tasa de multiplicación del nematodo menor a uno, lo cual indicara ausencia de control.

IX. METODOLOGÍA.

9.1. Localidad y época

Se instaló el ensayo en la estación lluviosa, en el Caserío los Laureles, Palestina de los Altos, Quetzaltenango. Localizada en las localidades geográficas 14°56`03.7" longitud oeste, 913917.0 latitud norte.

9.2. Diseño experimental

El diseño experimental a utilizar será bloques al azar, debido a que se determinó que existe una gradiente de variabilidad del suelo, que influye en desarrollo espacial del Organismo.

El diseño de bloques al azar toma los tres principios básicos de la experimentación: repetición, aleatorización y control local.

9.3. Tratamientos.

A continuación se detallan la combinación de tratamientos seleccionados para combatir los Nematodos del quiste de la papa. Cuadro 2.

Cuadro. 2. Descripción del número de tratamiento y repeticiones

No.	Tratamiento	No. Repeticiones
1	Biofumigado + Solarización + <i>Trichoderma</i>	4
2	Biofumigado + <i>Trichoderma</i>	4
3	Solarizado+ <i>Trichoderma</i>	4
4	<i>Trichoderma</i> sp	4
5	Testigo absoluto	4

Fuente: Juan Renoj, 2018_Software Microsoft Excel.

9.4. Tamaño de la unidad experimental.

El diseño experimental conto con un área total de 226.9 m² y la unidad experimental contuvo 10 posturas a 0.30 m entre plantas, 3-00 m de longitud y 4 surcos a 0.90 m entre surcos. 3.60 m de ancho, por lo tanto se obtuvo la parcela bruta de 40 plantas y la parcela neta 20 plantas, donde se tomaron los datos.

9.5. Modelo estadístico.

El modelo estadístico a utilizar es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} = es el j ésimo elemento perteneciente al i ésimo tratamiento

U = es la media general de los conteos de las variables propágulos del quiste y rendimiento

T_i = Efecto debido al i ésimo conteo de propágulos del quiste, rendimiento

B_j = Efecto debido al j ésimo bloque

ϵ_{ij} = error asociado al j ésimo elemento del i ésimo tratamiento.

9.6. Variables de respuesta.

Para evaluar el efecto de los diferentes tratamientos a estudiar, se analizarán las siguientes variables de respuesta.

- ❖ Dos cálculos de quistes, huevecillos, larvas por parcela neta,
- ❖ P_i = Población inicial y/o antes de la siembra;
- ❖ P_f = Población final y/o después de la cosecha haciendo el análisis de contenido de 300 g de suelo seco.
- ❖ Rendimiento de la parcela neta.

9.7. Análisis de la información.

Análisis de varianza (ANDEVA)

Pruebas de medias (TUKEY), si son necesarias.

9.8. Manejo del experimento.

El trabajo experimental emprendió con la preparación del suelo, se hizo con un barbecho a 0.30 m de profundidad hasta obtener un lecho de siembra mullido. Se trazó el experimento se sortearon los tratamientos al azar, se etiquetaron los tratamientos y se tomaron las muestras para el análisis de población inicial.

9.9. Instalación del ensayo.

La instalación del experimento consistió en adicionar al suelo, en cada uno de los tratamientos propuestos: biofumigación, consiste en incorporar al suelo hojas en fresco 2.5 kg m² de hojas verdes de *Brassica rapa* más 2.5 kg m² de estiércol bovino seco. Se inoculo con *Trichoderma sp* al suelo con una dosis de 6 x 10⁹ de UFC/cc de solución. Se hizo un riego a capacidad de campo con 5 gl se agua por unidad experimental. Solarizado cada unidad experimental con este tratamiento se cubrió con una película de plástico de 1mm de grosor o calibre 1, los tratamientos se dejaron en incubación por un mes.

Siembra.

Se trazaron los surcos 0.90 m entre cada uno, se hizo el zanjeado, se abonó el suelo con una enmienda orgánica 10,400 kg/Ha y 417 kg de 15-15-15, luego se inoculo cada tratamiento de *Trichoderma sp* de 1x 10⁹ ufc/cc sobre la semilla y luego se cubrieron los surcos con suelo. Se usó la semilla Día 71 del agricultor a los 40 días se aplicó 417 kg de urea.

Aporque.

Esta práctica fue realizada de forma manual con el fin de evitar las competencias por nutrientes con las malezas y darle la protección a las raíces con suficiente suelo para propiciar la tuberización y control cultural de la polilla.

Control de plagas y enfermedades.

El control se realizó con forme al plan de manejo, se adoptó la rotación de productos de acuerdo a las condiciones climáticas, que se presentaron en el ensayo establecido por el productor de la localidad y casas comerciales que tienen incidencia sobre este cultivo. Los agroquímicos usados se detallan en el cuadro. 3

Cuadro. 3. Fechas dosis y agroquímicos usados para el control de plagas y enfermedades foliares de cultivo.

Fecha	Dosis	Producto
07/08/2017	50 cc/ 16 Gl. De agua	Concento
21/08/2017	25 cc/ 16 Gl. De agua	Mancoceb
04/09/2017	25 cc/ 16 Gl. De agua	Gusafin
18/09/017	25 cc/ 16 Gl. De agua	Betagro
02/10/2017	25 cc/ 16 Gl. De agua	Bayfolan
16/10/2017		
30/10/2017		
Fecha	Dosis	Producto
14/08/2017	50 cc/ 16 Gl. De agua	Revus
28/08/2017	25 cc/ 16 Gl. De agua	Antracol
11/09/017	25 cc/ 16 Gl. De agua	Tambo
25/09/017	25 cc/ 16 Gl. De agua	Betagro
09/10/2017	25 cc/ 16 Gl. De agua	Bayfolan
23/10/2017		

Fuente: Juan Renoj, 2018_Software Microsoft Excel.

Cosecha

A los 90 días de cultivo y 15 días después de la defoliación se realizó el escarbado de los tubérculos en cada uno de los tratamientos y repeticiones con una clasificación según el agricultor (Primera, segunda, tercera y rechazo), siguiendo con el pesando de los tubérculos ya clasificados tomando como medida Kg/Ha y la segunda toma de muestras del suelo para determinar los niveles de población final de quiste, huevo y larvas a nivel de laboratorio.

9.10. Resultados y Discusión.

Población inicial.

El 25 de mayo del 2017 se tomaron las respectivas muestras del suelo, previo al establecer el ensayo etiquetando sub parcela de cada tratamiento.

La incorporación de las dosis de materia orgánica è inoculación con la *Trichoderma* para dejar en reposo el proceso de preparado del área del ensayo.

Las muestras de suelo la cual es denominada muestreo de población inicial, para determinar por medio de laboratorio los niveles de población y tener una comparación de población final después de la cosecha.

Cuadro. 4. Calculo de media de población inicial quistes.

Tratamientos	Bloques				Tratamientos	
	I	II	III	IV	total (T _t)	Media (X _t)
A	123	256	144	132	655	163.75
B	428	229	213	166	1036	259
C	235	292	264	199	990	247.5
D	346	264	316	166	1092	273
E	266	236	390	283	1175	293.75
Total de bloque (T _b)	1398	1277	1327	946	4948	
Media de bloque (X _b)	279.6	255.4	265.4	189.2	Media principal	247.4

Fuente: Juan Renoj, 2018_Software Microsoft Excel.

En el cuadro 4 se ha descrito los recuentos de quistes obtenidos en cada tratamiento en la fase inicial, los análisis realizados con 300 cc de suelo, han indicado que el conteo inicial de quiste dan como una media general o principal de 247 quistes en 300 cc cifra muy próxima a un quiste por un cc de suelo.

Cuadro. 5. Prueba de media de la población inicial de huevos.

Tratamientos	Bloques				Tratamiento	
	I	II	III	IV	total (T _t)	Media (X _t)
A	103	247	133	121	604	151.00
B	349	219	187	132	887	221.75
C	208	270	256	177	911	227.75
D	283	238	302	158	981	245.25
E	263	222	283	275	1043	260.75
Total de bloque (T _b)	1206	1196	1161	863	4426	
Media de bloque (X _b)	241.2	239.2	232.2	172.	Media principal	221.3

Fuente: Juan Renoj, 2018_Software Microsoft Excel.

En el cuadro 5, Se muestra el conteo inicial de la población de huevos, dando como una media principal 221.3 huevos por 300 cc de suelo, lo cual nos hace ver que se tiene dos quiste por centímetro de cubico indicando que hay una población inicial alta preocupante para los agricultores del municipio.

Cuadro. 6. Prueba de media de población inicial Larvas.

Tratamientos	Bloques				Tratamientos	Media (Xt)
	I	II	III	IV	total (Tt)	
A	98	227	128	93	546	136.5
B	333	139	168	129	769	192.25
C	198	230	176	175	779	194.75
D	277	207	297	153	934	233.5
E	217	205	264	197	883	220.75
Total de bloque (Tb)	1123	1008	1033	747	3911	
Media de bloque (Xb)	224.6	201.6	206.6	149.4	Media principal	195.55

Fuente: Juan Renoj, 2018_Software Microsoft Excel.

En el cuadro 6 La media principal de la población inicial de larvas a determinado que por cada centímetro cubico de suelo se a encontrada de uno a dos larvas, considerando una población alta que sobrepasa el índice de terminar con el cultivo de papa.

Poblaciones finales

Las poblaciones finales han sido tomadas después de resultados obtenidos del análisis microbiológico, continuo a la cosecha, marcando las diferencias estadísticas.

Cuadro. 7. Prueba de media de la población final quistes.

Tratamientos	Bloques				Tratamientos	Media (Xt)
	I	II	III	IV	total (Tt)	
A	420	515	203	248	1386	346.5
B	306	654	177	279	1416	354
C	342	340	366	225	1273	318.25
D	270	275	268	269	1082	270.5
E	258	224	379	325	1186	296.5
Total de bloque (Tb)	1596	2008	1393	1346	6343	1585.75
Media de bloque (Xb)	319.2	401.6	278.6	269.2	Media principal	317.15

Fuente: Juan Renoj, 2018_Software Microsoft Excel.

En el cuadro 7, se calcularon las poblaciones finales de quiste dando en totalidad tanto en tratamientos como de bloques, una media principal que nos muestra que la población final esta sobre los 300 quiste por 300 cc de suelo lo cual indica más de un quistes/cc.

Cuadro. 8. Calculo de la media de población final huevos.

Tratamientos	Bloques				Tratamientos	
	I	II	III	IV	total (Tt)	Media (Xt)
A	453	538	238	279	1508	377
B	333	687	295	297	1612	403
C	367	376	385	253	1381	345.25
D	283	285	280	289	1137	284.25
E	289	245	391	371	1296	324
Total de bloque (T _b)	1725	2131	1589	1489	6934	
Media de bloque (X _b)	345	426.2	317.8	297.8	Media principal	346.7

Fuente: Juan Renoj, 2018_Software Microsoft Excel.

En el cuadro 8. La variable analizada de Pf de huevos presenta una media principal indicando que no se lograron obtener diferencias significativas, más sin embargo las diferencias aritméticas si fueron diferentes en alguno de los tratamientos realizados.

Cuadro. 9. Cálculo de media de la Población final larvas.

Tratamientos	Bloques				Tratamientos	
	I	II	III	IV	total (Tt)	Media (Xt)
A	441	522	222	271	1456	364
B	325	273	281	281	1160	290
C	358	365	374	247	1344	336
D	275	278	273	271	1097	274.25
E	280	238	383	365	1266	316.5
Total de bloque (T _b)	1679	1676	1533	1435	6323	
Media de bloque (X _b)	335.8	335.2	306.6	287	Media principal	316.15

Fuente: Juan Renoj, 2018_Software Microsoft Excel.

El cuadro 9. Como tendencia del comportamiento de la variable de Pf de larvas, en la forma en que se controló el ensayo tuvo mucho que ver cómo se

comportan los niveles de la población de quiste tal caso superior a la población inicial. Las diferencias aritméticas en el cálculo de las medias en la población final de larvas están por debajo de los 200 propágulos por 300 cc.

VARIABLE DE RESPUESTA TASA DE MULTIPLICACIÓN DE LA POBLACIÓN DE NEMATODOS

El control de las poblaciones de nematodos se interpreta como la reducción de las poblaciones de nematodos. Según el grado de control de un método el cual puede contribuir a la multiplicación o a su disminución.

La relación que permite calcular la tasa de multiplicación de la población de nematodos (TMPN) expresándose

$$\text{TMPN} = \frac{\text{Densidad de población final}}{\text{Densidad de población inicial}}$$

Cuadro. 10. Tasa de multiplicación de la población inicial y final de quistes.

TRATAMIENTOS	REPETICIÓN I	REPETICIÓN II	REPETICIÓN III	REPETICIÓN IV	Total tratamientos (Tt)	Media de Tratamientos (Mt)
B+S+T	3.41	2.01	2.42	1.88	9.72	2.43
B+T	0.71	2.86	0.83	1.68	6.08	1.52
S+T	1.46	1.16	1.39	1.13	5.14	1.29
T	0.78	1.04	0.85	1.62	4.29	1.07
testigo	0.97	0.95	0.97	1.15	4.04	1.01
Total de Bloque(TB)	7.33	8.02	6.46	7.46	29.27	
Medias de Bloque	1.47	1.60	1.29	1.49	Media principal	1.46

Fuente: Juan Renoj, 2018_Software Microsoft Excel.

El cuadro 10 Nos muestra el calculado la tasa de multiplicación del nematodo determinada por la división de Pf/Pi dando como media principal 1.16 porcentaje que está por encima de uno, vemos que en primer tratamiento en la cuatro repeticiones no hay ninguna por debajo de, en el segundo tratamiento en la primera y tercera repetición se tiene resultados por debajo de 1 lo cual indica que

si se tubo control de la población, en el tercer tratamiento no hay significancia alguna, en el cuarto tratamiento se tubo significancia en la primera y tercera repetición y el quinto tratamiento que era nuestro testigo absoluto manejado comúnmente por el agricultor se tiene mayor significancia en tres repeticiones de cuatro establecidas.

Cuadro. 11. Análisis de la varianza de tasa de multiplicación de la población de quiste.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TMP QUISTE	20	0.46	0.15	45.56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

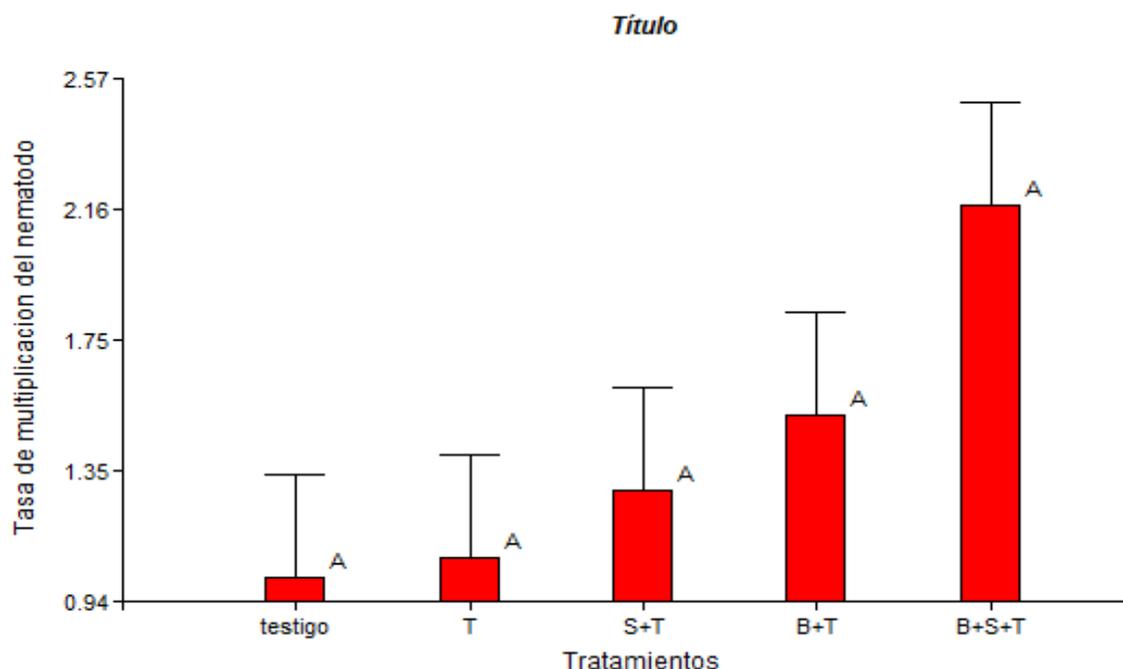
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.31	7	0.62	1.49	0.2605
Tratamientos	3.56	4	0.89	2.15	0.1370*
Repeticiones	0.75	3	0.25	0.60	0.6256
Error	4.97	12	0.41		
Total	9.28	19			

Fuente: Juan Renoj, 2018_Software InfoStat

*No existe significancia

Según el p-valor del cuadro 11 indica que no hay diferencia significativa al 5%, por lo tanto significa que ninguna de los tratamiesntos es diferente estadísticamente ya que el resultado obtenido sobrepasa al 0.05%

Grafica 1. Prueba de medias de Tukey con datos de población inicial y final de quiste.



Fuente: Juan Renoj, 2018_Software InfoStat

Según la gráfica 1 de prueba de medias de Tukey , indica que ninguno de los tratamientos establecidos tubo significancia en la reducción de las poblaciones de quistes con respecto al testigo absoluto no son estadísticamente.

Cuadro. 12. Tasa de multiplicación de la población inicial y final de huevos.

TRATAMIENTOS	REPETICIÓN I	REPETICIÓN II	REPETICIÓN III	REPETICIÓN IV	Total tratamientos (Tt)	Media de Tratamientos (Mt)
B+S+T	4.40	2.18	1.79	2.31	10.68	2.67
B+T	0.95	3.14	1.58	2.25	7.92	1.98
S+T	1.76	1.39	1.50	1.43	6.08	1.52
T	1.00	1.20	0.93	1.83	4.96	1.24
testigo	1.10	1.10	1.38	1.35	4.93	1.23
Total de Bloque(TB)	9.21	9.01	7.18	9.17	34.57	
Medias de Bloque	1.84	1.80	1.44	1.83	Media principal	1.73

Fuente: Juan Renoj, 2018_Software InfoStat

El cuadro 12 Muestra el calculado la tasa de multiplicación del nematodo determinada por la división de Pf/Pi dando como media principal 1.73 porcentaje que está por encima de 1, dejando una diferencia significativa de control en el tratamiento de biofumigado mas Trichoderma sp en la primera repetición por

debajo de 1% de los 4 tratamientos establecidos, con respecto al testigo absoluto se mantiene sobre 1 con una tasa de población alta

Cuadro. 13. Análisis de la varianza de tasa de multiplicación de la población de huevos.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TMP HUEVO	20	0.49	0.19	43.74

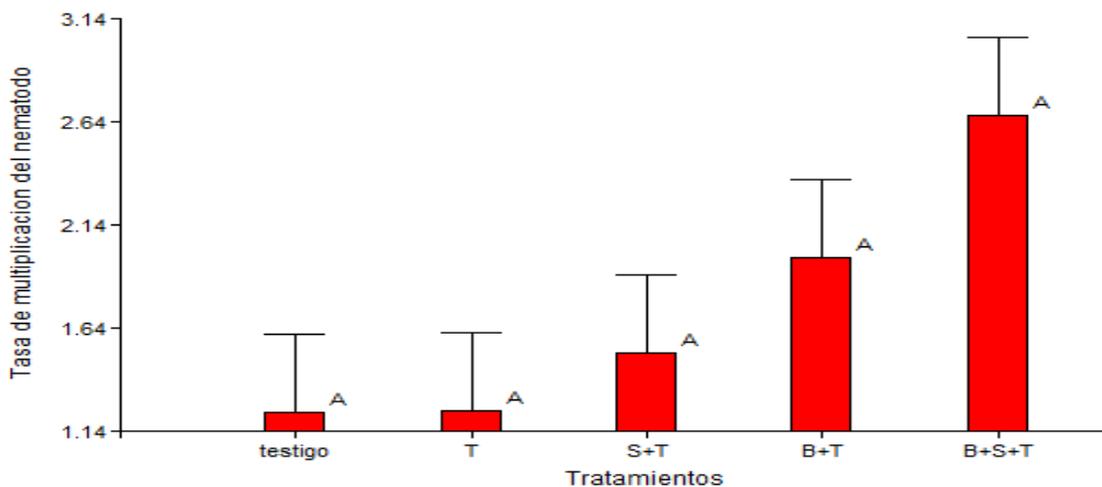
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6.49	7	0.93	1.62	0.2205
Tratamientos	5.91	4	1.48	2.59	0.0907*
Repeticiones	0.57	3	0.19	0.34	0.8002
Error	6.86	12	0.57		
Total	13.34	19			

Fuente: Juan Renoj, 2018_Software InfoStat

El cuadro 13 indica que no hay diferencia significativa entre los tratamientos establecidos ya que obtuvo un 0.0907 de p-valor superior al 5%, por lo tanto significa que ninguna de los tratamientos es diferente estadísticamente.

Grafica 2. Prueba de medias de Tukey con datos de población inicial y final de huevos.



Fuente: Juan Renoj, 2018_Software InfoStat

En la gráfica 2 se aprecia los valores más bajos para el testigo absoluto variedad y los valores más altos es para los tratamientos Trichoderma, solarizado mas Trichoderma, solarizado mas Trichoderma, biofumigado mas Trichoderma y biofumigado mas solarizado mas Trichoderma, lo cual también indica que los mismos tratamientos son estadísticamente iguales, es decir que los niveles de poblaciones no fueron reducidas al nivel estadístico de control.

Cuadro. 14. Tasa de multiplicación de la población inicial y final de larvas.

TRATAMIENTOS	REPETICIÓN I	REPETICIÓN II	REPETICIÓN III	REPETICIÓN IV	Total tratamientos (Tt)	Media de Tratamientos(Mt)
B+S+T	4.50	2.30	1.73	2.91	11.44	2.86
B+T	0.98	1.96	1.97	2.18	7.09	1.77
S+T	1.81	1.59	2.13	1.41	6.94	1.74
T	0.99	1.34	0.92	1.77	5.02	1.26
testigo	1.29	1.16	1.45	1.85	5.75	1.44
Total de Bloque(TB)	9.57	8.35	8.20	10.12	36.24	
Medias de Bloque	1.91	1.67	1.64	2.02	Media principal	1.81

Fuente: Juan Renoj, 2018_Software Microsoft Excel.

El cuadro 14 Muestra el calculado la tasa de multiplicación del nematodo de larvas determinada por la división de Pf/Pi dando como media principal 1.81 porcentaje que está por encima de 1, dejando una diferencia significativa de control en el tratamiento biofumigado mas Trichoderma y Trichoderma sp en la primera y tercera respecto a los otros tratamientos y repeticiones, con respecto al testigo absoluto se mantiene sobre 1 con una tasa de población alta.

Cuadro. 15. Análisis de la varianza de tasa de multiplicación de la población de larvas.

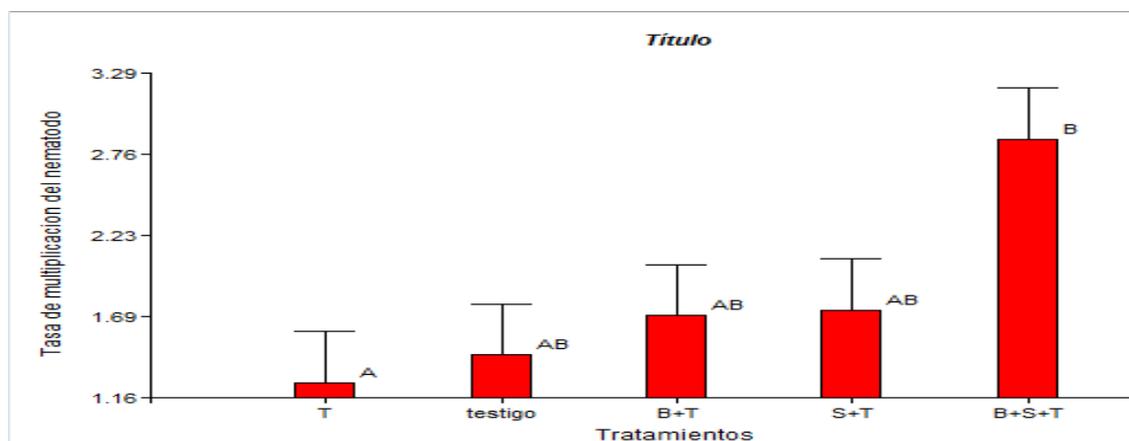
Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
TMP LARVA	20	0.56	0.30	37.57	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6.91	7	0.99	2.17	0.1146
Tratamientos	6.27	4	1.57	3.44	0.0431
Repeticiones	0.64	3	0.21	0.47	0.7090
Error	5.47	12	0.46		
Total	12.38	19			

El cuadro 15 En el análisis de la varianza de tasa de multiplicación de la población de larvas se tiene un coeficiente de variación de un 37.57 por encima de los 20 establecidos estadísticamente aceptable para que haya diferencia estadística significativa indicando que p-valor está en un 0.0431 lo cual manifestó diferencias mínimas entre los tratamientos con respecto al testigo absoluto.

Grafica 3. . Prueba de medias de Tukey con datos de población inicial y final de quiste.



Fuente: Juan Renoj, 2018_Software InfoStat

En la gráfica se aprecia los valores entre los tratamientos de Trichoderma y biofumigado más solarizado más Trichoderma lo cual indica que las mismas son estadísticamente diferentes mas no los tratamientos de biofumigado más Trichoderma, solarizado más Trichoderma y el testigo son estadísticamente iguales, es decir la tasa de multiplicación de la población del nematodo tubo reducción con una similitud.

VARIABLE DE RESPUESTA RENDIMIENTO

Cuadro. 16. Datos tabulados y cálculo de media general rendimiento kg/Ha.

TRATAMIENTOS	REPETICIÓN I	REPETICIÓN II	REPETICIÓN III	REPETICIÓN IV	Total tratamientos (Tt)	Media de Tratamientos(Mt)
A	12249.59	13443.44	20303.89	11064.15	57061.07	14265.27
B	12384.11	14048.78	19900.33	14284.19	60617.41	15154.35
C	11635.85	16310.37	14519.59	19042.78	61508.59	15377.15
D	18967.11	13704.07	13308.93	16747.56	62727.67	15681.92
E	14191.70	13535.93	16932.52	15234.22	59894.37	14973.59
Total de Bloque(TB)	69428.37	71042.59	84965.26	76372.89	301809.11	
Medias de Bloque	13885.67	14208.52	16993.05	15274.58	Media principal	15090.46

Fuente: Juan Renoj, 2018_Software Microsoft Excel.

El cuadro 16 de rendimiento presenta una diferencia estadística en cada una de las repeticiones y los tratamientos realizados dando una media general de 15090.46 kg/Ha, superando en producción en la primera repetición con el tratamiento de Trichoderma sp de 18967.11 Kg/Ha, en la segunda repetición con el biofumigado más Trichoderma de 16310.37 Kg/Ha, en la tercera repetición con biofumigado mas solarizado mas Trichoderma sp de 20303.89 Kg/Ha y la cuarta repetición con Trichoderma sp de 16747.56 Kg/Ha superado al testigo rendimiento superior a 16932.52 Kg/Ha.

Cuadro. 17. Análisis de varianza de rendimiento.

Variable:	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento:	20	0.23	0.00	20.18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III.)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	33938240.04	7	4848320.01	0.52	0.8015
Tratamientos	4522778.49	4	1130694.62	0.12	0.9719
Repeticiones	29415461.55	3	9805153.85	1.06	0.4033
Error	111308093.70	12	9275674.47		
Total	145246333.74	19			

Fuente: Juan Renoj, 2018_Software InfoStat

Según el p-valor del cuadro 17 indica que no hay diferencia significativa, aunque nuestro coeficiente de variación está en mínima cantidad por los 20.18 al 5%, ya que el p-valor es mayor que 0.05, por lo tanto todas las repeticiones son estadísticamente iguales.

Cuadro. 18. Comparación de las medias generales de rendimiento en Kg/Ha.

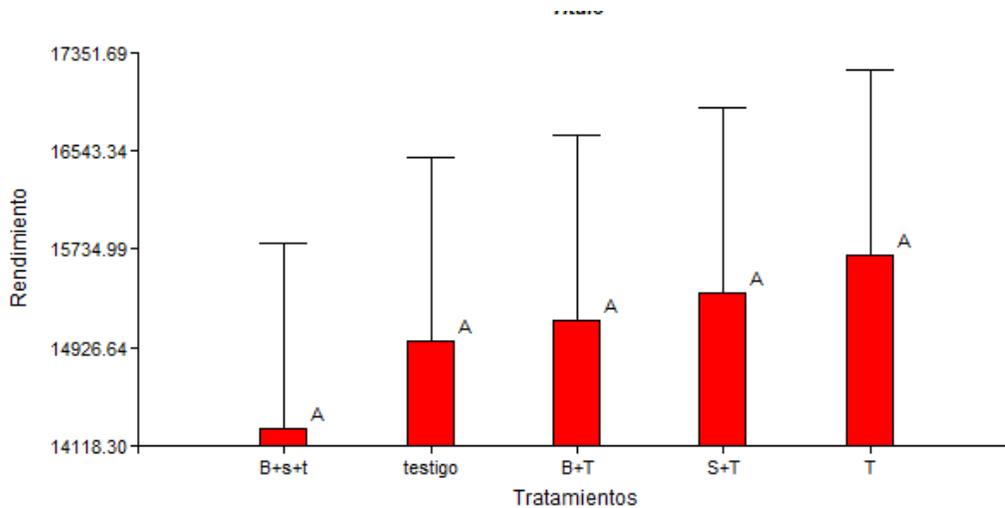
Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=6864.33886				
<i>Error: 9275674.4750 gl: 12</i>				
<u>Tratamientos</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
B+s+t	14265.27	4	1522.80	A
testigo	14973.59	4	1522.80	A
B+T	15154.35	4	1522.80	A
S+T	15377.15	4	1522.80	A
T	15681.92	4	1522.80	A
<i>Medias con una letra común no son significativamente</i>				

diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Juan Renoj, 2018_Software InfoStat

A pesar de la inexistencia de la significancia estadística en el ANDEVA, el cuadro 18 de medias de los tratamientos se observa que los valores más bajos en cuanto al rendimiento lo ocupa los tratamientos biofumigado mas solarizado mas Trichoderma sp con 14265.27Kg/Ha , testigo absoluto con 14973.59 Kg/HA y los valores más altos son para biofumigado mas Trichoderma sp con 15154.35 Kg/Ha, solarizado mas Trichoderma sp con 15377.15 Kg/HA y Trichoderma sp con 15681.92

Grafica 4. Prueba de medias de Tukey con datos de rendimiento Kg/Ha.



Fuente: Juan Renoj, 2018_Software InfoStat

Al realizar el análisis de varianza la variable del rendimiento no mostro significancia estadística, la gráfica No. 4 muestra las diferencias de un tratamiento a otro.

A pesar de que ninguna de los tratamientos alcanzo el 100% de rendimientos esperados, el de mayor significancia fue Trichoderma sp teniendo 15681.92 Kg/Ha.

X. CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos obtenidos con los análisis de varianza y cálculos de medias en el rendimiento de papa obteniendo con una mínima de 14265.27 Kg/Ha y una máxima de 15681.92 Kg/Ha no se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados, debido al manejo del cultivo el cual trascendió en el uso de agro químicos, los cuales dañan el efecto integrado al reprimir también a la (*Trichoderma sp*)

La tasa de incremento poblacional de nematodos del quiste, el índice estuvo muy alejado del 1% de índice que permite concluir que las poblaciones de los propágulos del quiste no fueron controlados, por lo tanto los rendimientos, aun cuando estuvieron sobre la media nacional no superaron al testigo del agricultor.

Para obtener producción fue necesario realizar trece aplicaciones de agro químicos lo cual al parecer es la causa de la ineficiencia de la integración de métodos de control, al parecer la (*Trichoderma sp*) fue objeto de control en el sistema, al usar Día 71, muy susceptible a enfermedades criptogámicas del follaje.

Considerando los análisis estadísticos de las variables el tratamiento de *Trichoderma* obtuvo un índice mínimo en su significancia en comparación del testigo absoluto en las cuatro repeticiones.

Por lo tanto se acepta la hipótesis nula ya que se comprueba que ninguna combinación de los métodos se obtuvo reducción de la tasa de multiplicación del nematodo menor a uno por ciento, lo cual indico la ausencia de control.

XI. RECOMENDACIONES.

Evaluar la sensibilidad de (*Trichoderma sp*) al grupo de agroquímicos usados en la producción a fin de seleccionar aquellos que no afecten a la cepa de (*Trichoderma sp*) usada en este trabajo.

Evaluar variedades de papas resistentes o tolerantes al nematodo del quiste, para que con el uso de la integración de métodos físicos y biológicos puedan reducir las poblaciones del nematodo dorado.

Evaluar variedades tolerante al tizón tardío, (*Phytophthora infestans*) para que con el uso reducido de agroquímicos se pueda integrar métodos de control de nematodos del quiste de la papa.

Evaluar un plan de rotaciones con los cultivos que el agricultor dispone a fin de verificar cada cuánto tiempo puede sembrar papa.

Realizar un plan de manejo de cultivo de acuerdo a los periodos de rotaciones utilizando semilla certificada.

XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agrios, GN. 1998. Fitopatología. Trad. por Manuel Guzmán. 2 ed. México, Limusa. 838 p.
2. Christiansen, J.A., Vargas M.R. 1980. La papa: su utilización. Guatemala, ICTA
3. Escobar, V. 2014, Determinación del resistencia de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) frente a las infecciones con nematodos del quiste (*Globodera* spp) bajo condiciones controladas del laboratorio labor Ovalle, ICTA-CIAL. Olinstepeque, Quetzaltenango. Usac- Cunoc.
3. Evans, K.; Rowe, J.A. 1998. Distribution and economic importance. In Plant Nematology. Ed (a) Perry R.N.; Moens M. UK. CABI 2006. p. 92-93.
4. FAO, 2010. La Papa un alimento con tradición, nutrición y sabor. (En línea) Consultado Abril. 2012., disponible en http://www.pesacentroamerica.org/biblioteca/recetario_papa_guatemala.pdf.
5. Franco, J. 1986. Nemátodos del quiste de la papa; *Globodera* Spp. Boletín de Información Técnica 9. Centro Internacional de la papa. Lima, Perú. 21 pp.
6. Franco, J. 1993, Manejo integrgrado del nematodo del quiste de la papa *Globodera ssp* centro internacional de la papa (CIP), Lima, Peru.
7. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, 2013 Informe Técnico. Laboratorio de Protección Vegetal.
I
8. Jones, S.B. s.f. Sistemática vegetal. Trad. María de Hiescas. 2 ed. México, McGraw-Hill. 536 p.
9. Maldonado M.J. 2012. Identificación de nemátodos de quiste en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), en seis localidades de la parte sur del municipio de Palestina de los Altos, del departamento de Quetzaltenango, Guatemala.
10. Milla T., A.; Krausz B., C. Detección de resistencia al nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis* Woll) en accesiones pertenecientes al germoplasma chileno de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agro sur*, jun. 2004, volj.32, no.1, p.28-34. ISSN 0304-8802.
11. Revista Agro Negocios, “El mercado de la papa” Guatemala marzo 2009 pág. 2-11

12. Reyes C., P. 1981. Diseño de Experimentos Aplicados a la Agricultura. Editorial Trillas. México Pps.
13. Roldan S. 2005. Estudio de los nemátodos formadores de quistes en papa *Solanum tuberosum L.*, para descartar la presencia del nemátodo dorado de la papa en el municipio de Jalapa, Jalapa.
14. Ruano H., B. 1999. Evolución de las poblaciones de nemátodos (*Globodera Spp*) en patata en Mallorca. Consejería de Economía, Agricultura, Comercio e Industria, Palma de Mallorca. (en línea). Consultado 22/04/14. Disponible en www.caib.es/govern/archivo.do?id=37765
15. Ruesga, J. et al. Libro de Experimentación Agrícola. Centro Universitario Vladimir, L Lenin. Las Tunas, Facultad de Ciencias Agrícolas, Editorial Universitaria 2005, calle 23 No.667, e/ D y E, El Vedado, ciudad de la Habana, Cuba. 114 p.
16. Ruiz, Berdejo, M. 1987. Plaga del dorado de la patata. Plan para su control en zonas infestadas. M.A.P.A. Hoja divulgadora 15/87. 19 pp.
17. Scurrah, M. Mayer de 1981. Evaluación de la resistencia en papa a los nemátodos del quiste. *Boletín de Información Técnica 10. Centro Internacional de la papa. Lima, Perú. 16 pp*
18. SEGEPLAN/DPT. 2010. Consejo municipal de desarrollo municipal de Quetzaltenango, Guatemala
19. . USAC. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala, 2009. 5 paginas.
20. Burrows, W.C. y Larson, W.E. 1962. Effect of amount of mulch on soil temperature and early growth of corn. *Agronomy J.* 54: 19-23.
21. De Vay, J.J. 1990. Historical review and principles of soil solarization. En: DeVay, J.E., Stapleton, J.J. & Elmore, C.L., eds. Proc. of the First Int. Conference on Soil Solarization, Amman, Jordan, 19-25 February 1990. FAO Plant Protection and Production Paper No. 109. Rome, 1991.
22. De Vay, J.E., Stapleton, J.J. y Elmore, C.L. eds. 1991. Proc. of the First Int. Conference on Soil Solarization. Amman, Jordan, 19-25 February 1990. FAO. Plant Protection and Production Paper No. 109. Rome, 1991.
23. Chellemi, D.O. 1997. Contribution of soil solarization to integrated pest management systems for field production. pp. 322-332. En: Stapleton, J.J.,

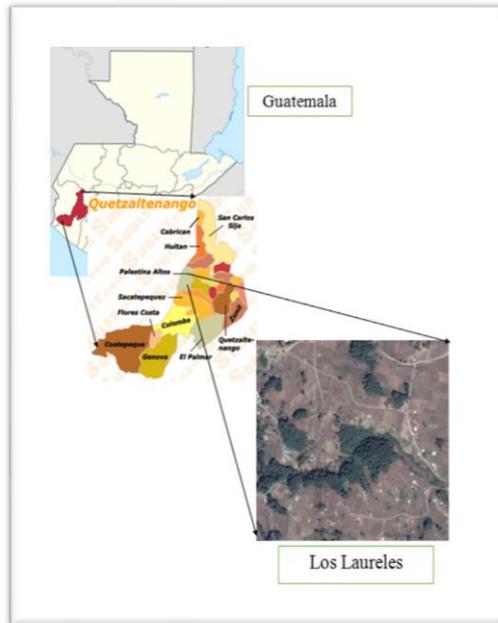
DeVay, J.E. & Elmore, C.L., eds. Proc. of the Second Int. Conference on Soil Solarization and Integrated Management of Soil-borne Pests. Aleppo, Syrian Arab Republic. 16-21 March, 1997. FAO. Plant Protection and Production Paper No.147. Rome, 1998.

24. Gamliel, A., y Stapleton, J.J. 1993a. Characterization of antifungal volatile compound developed from solarized soil amended with cabbage residues. *Phytopathology* 83: 899-905.
25. Villegas M. 2005. Trichoderma. Características generales y su potencial biológico en la agricultura sostenible. Disponible en: <http://www.oriusbiotecnologia.com/tecnica/128-trichoderma-pers-caracteristicas-y-su-potencial-biologico-en-la-agricultura-sostenible>
26. Hjeljord L, Tronsmo A. Trichoderma and Gliocladium in biological control: an overview. In: Harman G, Kubicek C. (Eds.) Trichoderma & Gliocladium. Enzymes, biological control and commercial applications. Taylor & Francis. London, UK, 1998. p. 131-151.
27. Martínez B, Reyes Y, Infante D, González E, Baños H, Cruz A. Selección de aislamientos de Trichoderma spp. candidatos a biofungicidas para el control de Rhizoctoniasp. en arroz. *Rev Protección Veg.* 2008;23(2):118-125.
28. Reyes Y, Martínez B, Infante D. Evaluación de la actividad antagónica de trece aislamientos de Trichoderma spp. sobre Rhizoctoniasp. *Rev Protección Veg.* 2008; 23(2):112-117.
29. Stapleton, De Vay. 1986. La solarización del suelo.
30. www.garmin.com

XIII. ANEXOS

Anexo 1.

Grafica 5. Localidad de la investigación



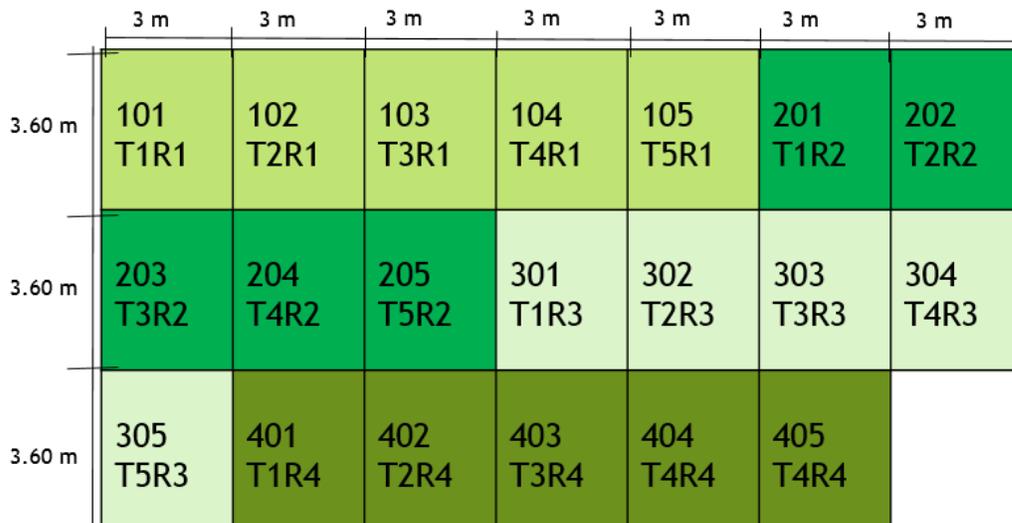
Anexo 2. (Formato para toma de datos de rendimiento)

Muestras	Kg/Ha
T1R1	
T1R2	
T1R3	
T1R4	
T2R1	
T2R2	
T2R3	
T2R4	
T3R1	
T3R2	
T3R3	
T3R4	
T4R1	
T4R2	
T4R3	
T4R4	
T5R1	
T5R2	
T5R3	
T5R4	

Anexo 3. (Formato para determinar Huevecillos por gr de suelo)

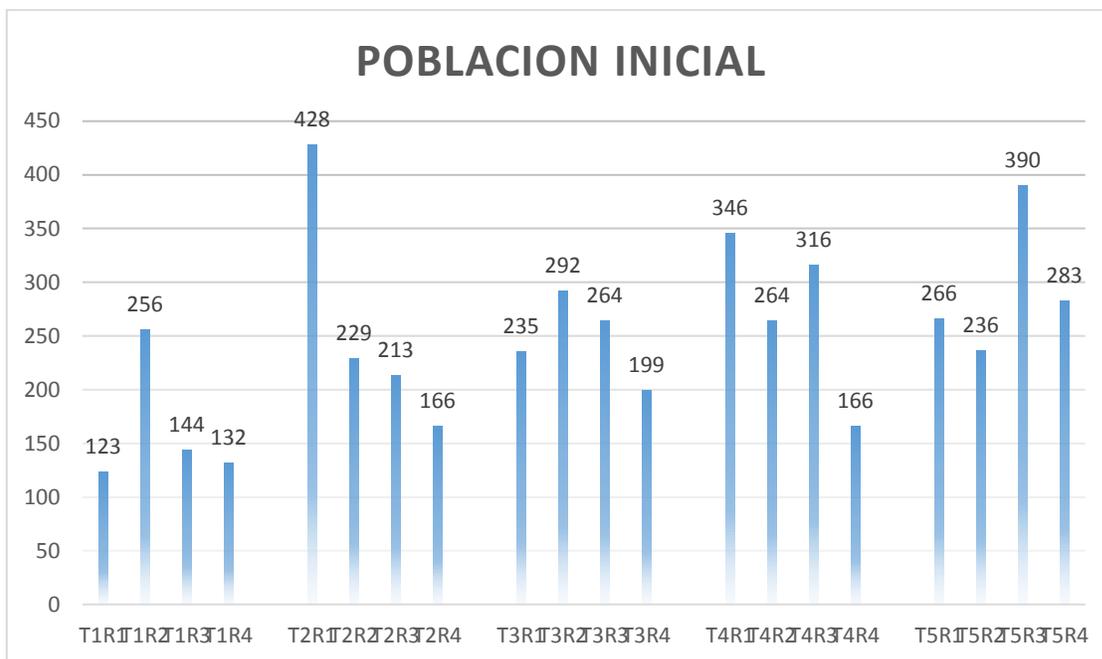
Tratamientos/Repeticiones	Población Inicial				Población Final			
	Quiste	Huevecillos	Larvas	\bar{X}	Quiste	Huevecillos	Larvas	\bar{X}
T1R1								
T2R2								
T3R3								
T4R4								
T5R5								
T1R1								
T2R2								
T3R3								
T4R4								
T5R5								
T1R1								
T2R2								
T3R3								
T4R4								
T5R5								
T1R1								
T2R2								
T3R3								
T4R4								
T5R5								

Anexo 4.
Grafica 6. Tamaño de la unidad experimental.

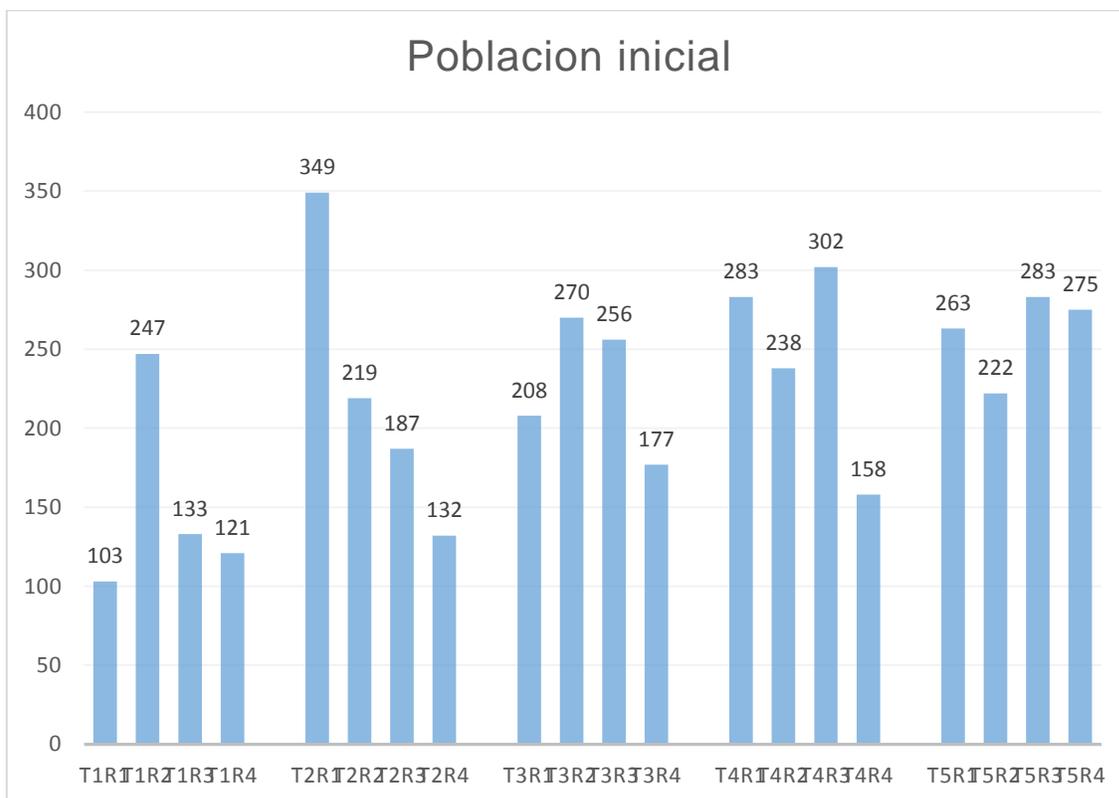


Anexo 5.

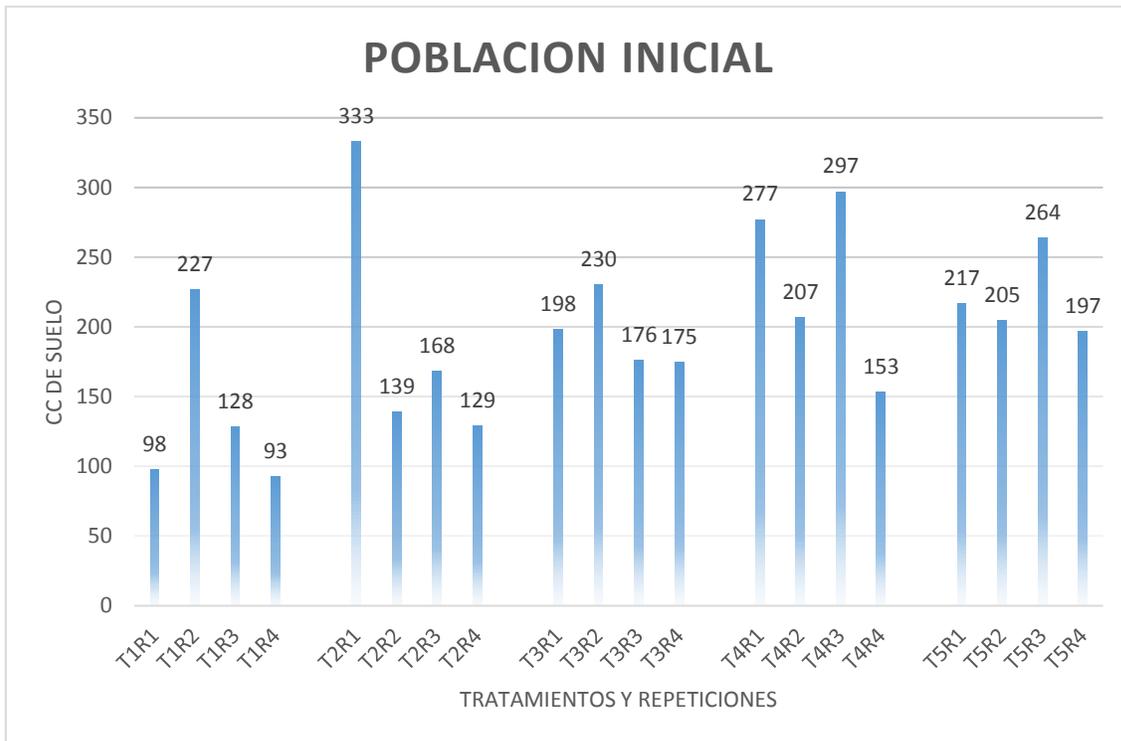
Grafica 7. Graficas población inicial



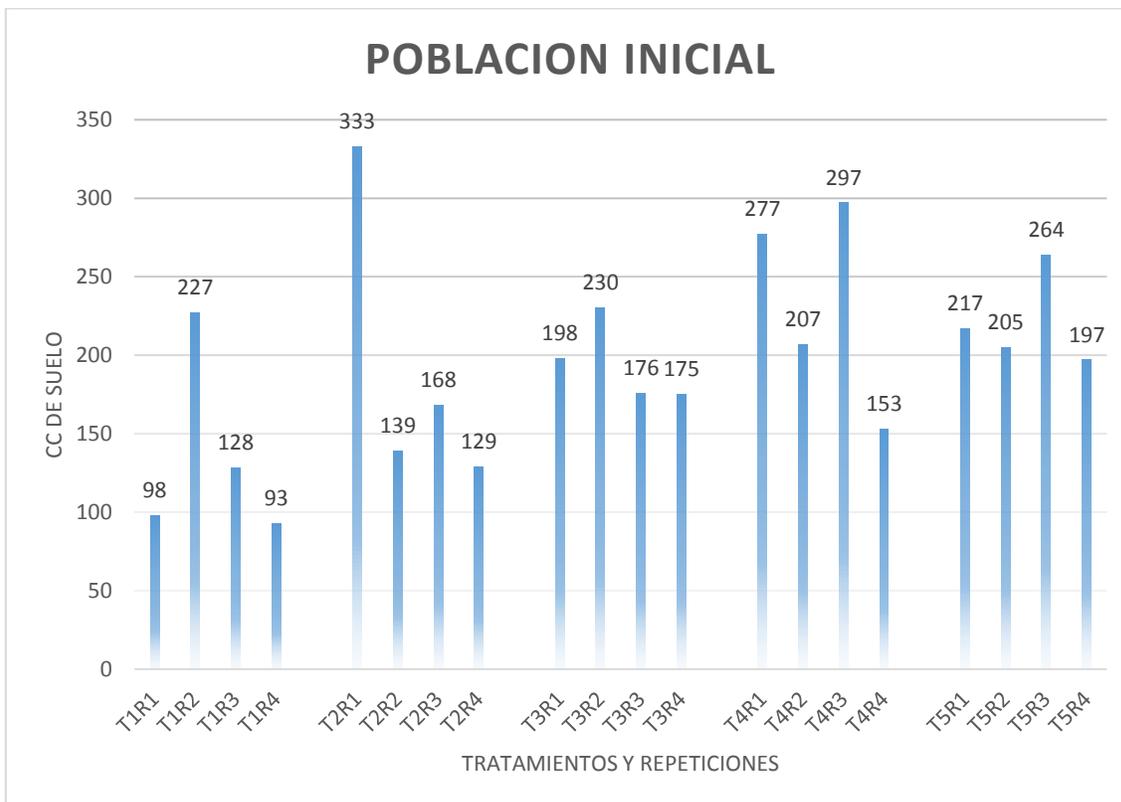
Fuente: Juan Renoj, 2018_ Software Microsoft Excel



Fuente: Juan Renoj, 2018_ Software Microsoft Excel



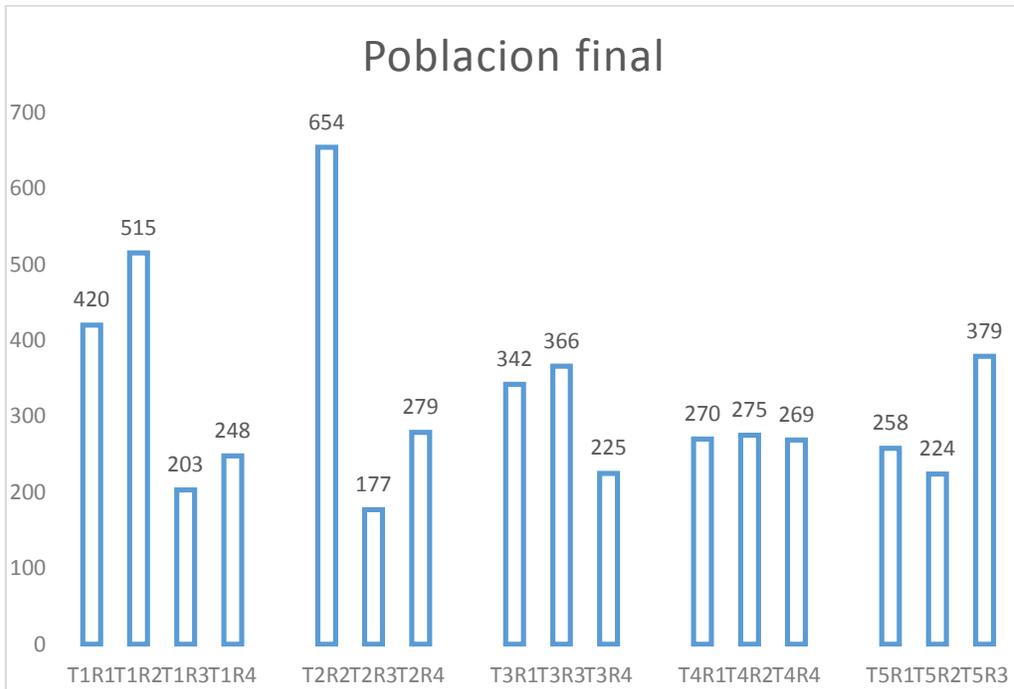
Fuente: Juan Renoj, 2018_ Software Microsoft Excel



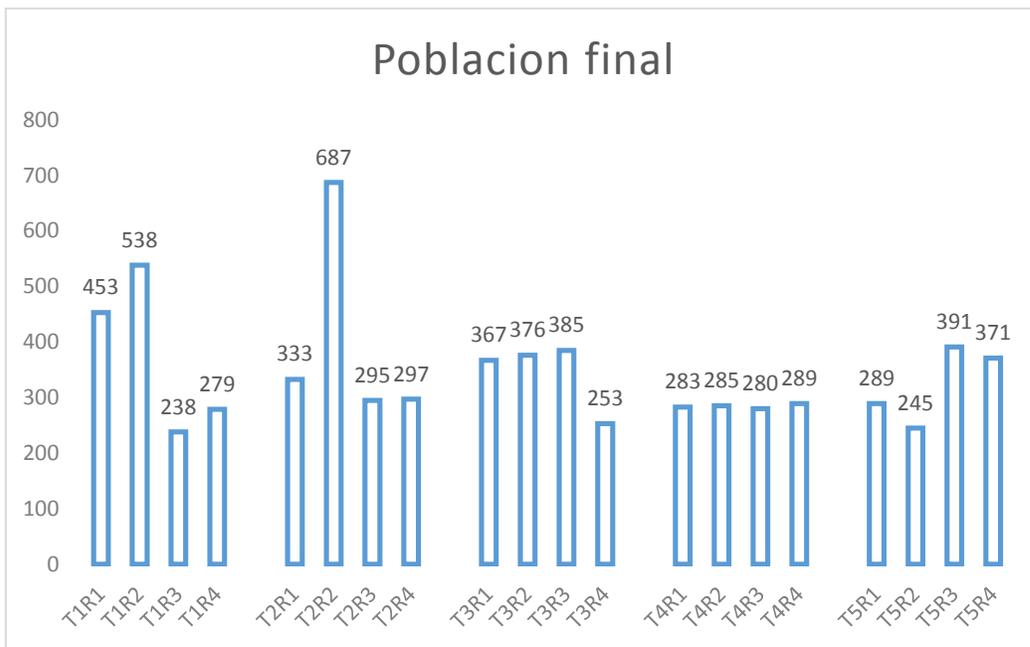
Fuente: Juan Renoj, 2018_ Software Microsoft Excel

ANEXO 6.

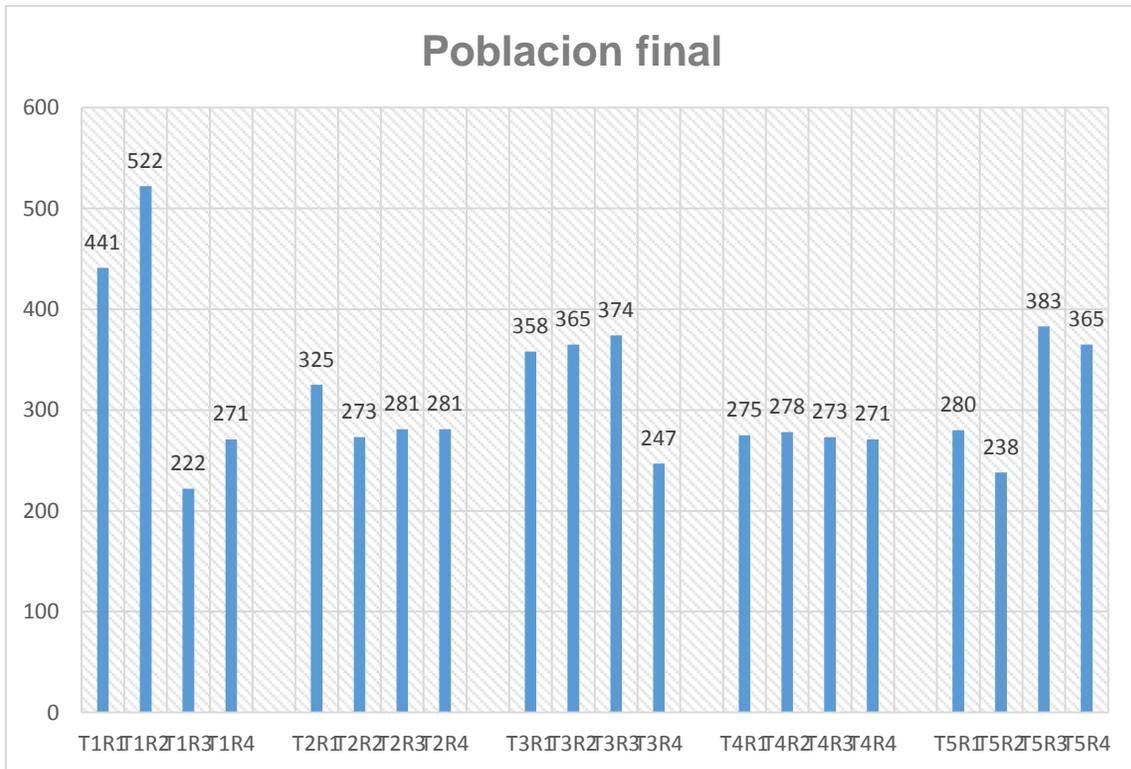
Grafica 8. Población final.



Fuente: Juan Renoj, 2018_ Software Microsoft Excel



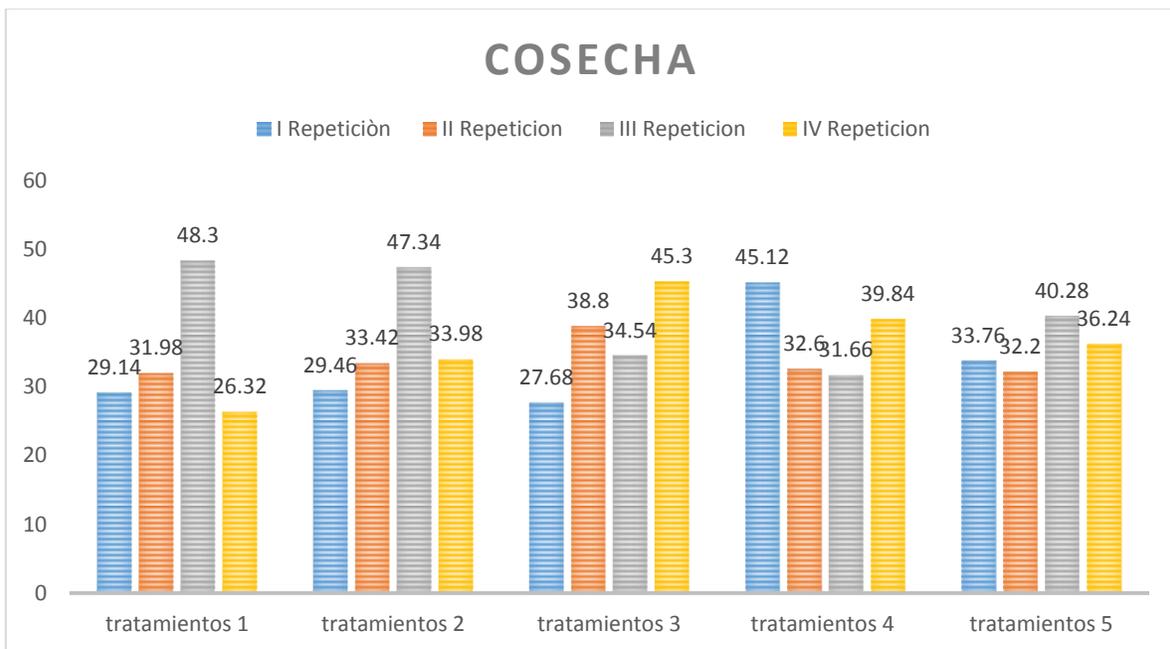
Fuente: Juan Renoj, 2018_ Software Microsoft Excel



Fuente: Juan Renoj, 2018_ Software Microsoft Excel

ANEXO 7.

Grafica 9. Grafica de rendimiento.



Fuente: Juan Renoj, 2018_ Software Microsoft Excel

ANEXO 8. Fotografías.



Medición de área para el ensayo.



Mantenimiento de la unidad del ensayo.



Monitoreos de parcela.



Cosecha.



Toma de datos finales.



Muestreo final.